COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-VINGT-ET-UNIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1945**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1945

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La délégation française invitée aux solennités du 220e anniversaire de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. est rentrée à Paris hier soir. J'avais l'honneur d'y être le représentant officiel de notre Compagnie, et j'y étais accompagné de plusieurs de nos Confrères, MM. Hadamard, Borel, Cartan, Pérès, Maurain, Joliot, Chevalier; notre Confrère Langevin avait dû, à son grand regret, renoncer, pour des raisons de santé, à nous accompagner. Je crois être le fidèle interprète de tous en exprimant ici nos sincères remerciements à nos Confrères et au Gouvernement soviétique pour l'accueil si cordial qui nous a été réservé, en même temps que la profonde impression que nous a faite l'organisation et l'activité de l'Académie.

Celle-ci correspond, en réalité, par sa constitution, beaucoup plutôt à l'ensemble de l'Institut de France qu'à notre Compagnie proprement dite, car elle comprend des archéologues, des orientalistes, des philologues et, d'une façon générale, des représentants des sciences humaines. Mais elle est, avant tout, un ensemble de nombreux Instituts de recherche spécialisés, dont chacun est dirigé par un académicien et comprend des laboratoires auxquels sont affectés de nombreux chercheurs avec des auxiliaires techniques et d'ordre administratif, et qui sont pourvus d'importantes ressources d'ordre financier. Pour prendre

un exemple, l'Institut de Physiologie à Leningrad, fondé par le célèbre Ivan Pavlof (qui a été notre Associé étranger), et actuellement dirigé par M. Orbeli, ne compte pas moins de 100 travailleurs scientifiques proprement dits, qui continuent à développer et à étendre l'œuvre du fondateur.

On voit donc quelle peut être la puissance créatrice de cette grande institution. Le bilan des 220 années écoulées depuis sa fondation et spécialement depuis la Révolution de 1917, permet de la mesurer et de constater son efficacité présente dans tous les domaines de la science, depuis les Mathématiques pures jusqu'à la Biologie. Une de ses caractéristiques essentielles, en ces dernières années, est de ne s'être pas limitée à la recherche spéculative et à la science pure. Elle s'est attachée spécialement aux problèmes pratiques, et l'Académie a eu ainsi une part importante dans la mise en valeur des ressources du sol russe en tous genres, qui a eu une ampleur et une efficacité si impressionnantes. Cela a permis à l'U.R.S.S. de fournir l'immense effort de guerre qu'elle a accompli et d'arriver à l'éclatante victoire dont nous venons d'être les témoins. L'effort a été dirigé, avant tout, en ces dernières années, vers les applications de la recherche scientifique aux problèmes pratiques avec lesquels la nation est aux prises.

Voici, à cet égard, un exemple significatif qui, à vrai dire, est extérieur au cadre strict de l'Académie. M. Michel Zavadovsky, professeur à l'Université de Moscou, est un biologiste à qui l'on doit de magnifiques travaux sur la sexualité des Vertébrés. Or il a entrepris d'augmenter le rendement des troupeaux de moutons des diverses races et spécialement de la race Karakul qui fournit la fourrure d'astrakan. La production des peaux et celle de la laine était d'ailleurs une question pratique de grande importance en tout temps et plus encore en temps de guerre. Par des injections de sérum de Jument gravide faites à des moments et à des doses convenables, il est arrivé à provoquer chez les Brebis, qui normalement n'ont qu'un seul petit, des portées doubles ou multiples. A ce traitement, 43 % des femelles ne réagissent pas, mais 47 à 50 % ont deux agneaux, 8 % en ont trois et 2 % ont des portées allant de quatre à sept. Cette méthode a été actuellement appliquée à plusieurs millions de femelles et l'opération apparaît comme hautement rentable. Maintenant que le résultat pratique est acquis, on s'occupe d'en étudier minutieusement les processus au point de vue histophysiologique et embryogénique.

Notre séjour à Moscou et à Leningrad, quoique très bref, nous a donc permis d'enregistrer de nombreux résultats récents dans toutes les branches de la science, et de nous rendre compte de la puissante évolution de la Russie actuelle. Mais la délégation française n'était pas seule à faire ces constatations. En dehors de nos collègues d'Angleterre et des États-Unis, nous avons rencontré là-bas des représentants de nombreuses nations européennes et même extra-européennes, reçus au même titre que nous. C'était une manifestation scientifique internationale, qui témoignait du désir de l'Académie des sciences et du

Gouvernement de restaurer et de développer de large manière les rapports culturels entre les divers pays.

Nous avons été accueillis, en ce qui nous concerne, avec une sympathie et une cordialité auxquelles je tiens à rendre hommage et dont nous avons tous à cœur de remercier nos collègues russes. Nous exprimons le vœu que, dès que les difficultés matérielles dont nous souffrons encore tant ici se seront atténuées ou auront disparu, les pouvoirs publics et en particulier notre Académie puissent témoigner, en ce qui concerne la France, du même effort pour restaurer et intensifier les rapports et la compréhension entre savants des divers pays.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des centres.*

Note de M. **Jean Chazy.**

Je veux sur deux points préciser ou simplifier la théorie des centres.

1. Il s'agit de l'équation différentielle du premier ordre entre x et y

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = dt, \tag{1}$$

où les dénominateurs X et Y sont holomorphes et nuls au point singulier $x = 0$, $y = 0$, soit O, et ont pour termes linéaires y et $-x$, et où t est introduit comme variable auxiliaire. Poincaré cherche une intégrale de l'équation (1) développable sous la forme

$$F = x^2 + y^2 + F_3 + F_4 \ldots + F_n + \ldots, \tag{2}$$

F_n désignant un polynome homogène de degré n en x et y; par substitution dans l'équation

$$\frac{dF}{dt} = X\frac{\partial F}{\partial x} + Y\frac{\partial F}{\partial y} = 0,$$

il obtient

$$y\frac{\partial F_n}{\partial x} - x\frac{\partial F_n}{\partial y} = H_n,$$

équation de récurrence où H_n est un polynome homogène de degré n en x et y, dont les coefficients sont formés avec ceux des coefficients X_k, Y_k et des polynomes F_3, F_4, …, F_{n-1} antérieurement calculés. En coordonnées polaires, avec $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$, si l'on pose

$$F_n = r^n\varphi(\theta) \quad \text{et} \quad H_n = r^n\psi(\theta),$$

l'équation devient

$$\frac{\partial F_n}{\partial \theta} = -H_n \quad \text{ou} \quad \frac{d\varphi}{d\theta} = -\psi(\theta),$$

c'est-à-dire devient une identité entre deux polynomes homogènes de degré n en $\cos\theta$ et $\sin\theta$, ou plutôt entre deux expressions linéaires en $\cos n\theta$, $\sin n\theta$; $\cos(n-2)\theta$, $\sin(n-2)\theta$; $\cos(n-4)\theta$, ….

Rappelons encore que, quand le degré n est impair, l'identification est possible, et l'expression φ et le polynome F_n sont complètement déterminés, si les polynomes antérieurs le sont. Mais, quand n est pair, en général l'expression linéaire $-\psi(\theta)$ comporte un terme constant, soit C, et la détermination du polynome F_n est impossible; si en particulier la constante C se trouve nulle, l'expression $\varphi(\theta)$ est déterminée à une constante additive arbitraire près K, et par suite le polynome F_n est déterminé au terme additif près $K(x^2+y^2)^{\frac{n}{2}}$. Ainsi, quand les coefficients des polynomes X_n et Y_n sont arbitraires, on est arrêté dans la recherche de l'intégrale F, et ceci en général dès la détermination du polynome F_4.

2. Dans ce cas général on peut préciser la forme des courbes intégrales au voisinage du point O. Par hypothèse, la détermination du polynome F_4 étant impossible, l'expression $-\psi(\theta)$ correspondante comporte un terme constant C différent de zéro. Par suite, une fois déterminé le polynome F_3, si l'on remplace $\psi(\theta)$ par $\psi(\theta)+C$, on peut déterminer le polynome du quatrième degré homogène en x et y, soit $F'_4 = r^4\varphi'(\theta)$, tel que l'on ait

$$\frac{d\varphi'}{d\theta} = -\psi(\theta) - C, \qquad \frac{\partial F'_4}{\partial\theta} = -H_4 - C(x^2+y^2)^2.$$

Par conséquent, si l'on pose $x^2+y^2+F_3+F'_4 = u$, la dérivée du/dt est égale à la somme du terme $C(x^2+y^2)^2$ et d'une série entière en x et y convergente et commençant par des termes de degré 5 au moins : on peut écrire ainsi

$$\frac{du}{dt} = Cr^4(1+\varepsilon_1) = Cu^2(1+\varepsilon_2),$$

les quantités ε_i désignant des fonctions de θ, et r ou u, qui tendent vers zéro avec r ou u. On déduit d'autre part des équations (1)

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{x\,dy - y\,dx}{(x^2+y^2)\,dt} = -(1+\varepsilon_3).$$

Éliminant dt entre les deux dernières équations, puis intégrant, on obtient sur la courbe intégrale passant au point u_0, θ_0

$$\frac{du}{d\theta} = -Cu^2(1+\varepsilon_4) \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{u} - \frac{1}{u_0} = C(1+\varepsilon_5)(\theta-\theta_0).$$

Si C est positif, dans le sens où l'angle θ croît, la quantité u décroît et, quand θ tend vers $+\infty$, tend vers zéro : donc *le point* O *est un point asymptote, et u tend vers zéro comme* $1:\theta$, *et* ρ *comme* $1:\sqrt{\theta}$. De même, si le calcul antérieur est arrêté à la détermination du polynome F_n, ρ *tend vers zéro comme* $1:\theta^{\frac{1}{n-2}}$. Poincaré a appelé le point singulier ainsi obtenu un *foyer*, comme le point singulier où les racines de l'équation caractéristique sont $\alpha \pm \beta i$, α et β étant

réels et de même signe : rappelons que dans ce dernier cas chaque courbe intégrale s'enroule de même indéfiniment autour du pôle, mais le rayon vecteur tend vers zéro comme l'exponentielle $e^{-\frac{\alpha}{\beta}\theta}$, c'est-à-dire comme sur une spirale logarithmique.

3. Si l'on n'est jamais arrêté dans le calcul antérieur, si toutes les constantes C correspondant successivement aux degrés n pairs sont nulles, le développement F satisfait formellement à l'équation $dF/dt = 0$. Poincaré a démontré, par une voie compliquée et à la vérité peu intuitive, que ce développement converge pour x et y assez petits, et pour des valeurs convenables des constantes K : je veux donner ici une démonstration plus simple de cette propriété de convergence. Pour tirer de l'équation (1) un développement holomorphe en x et y, qui coïncidera avec le développement (2), nous appliquerons le théorème complémentaire du théorème de Cauchy, démontré par Poincaré, et selon lequel les solutions d'une équation différentielle contenant analytiquement un paramètre sont elles-mêmes des fonctions analytiques de ce paramètre.

Considérons l'équation transformée de l'équation (1) en coordonnées polaires (¹)

$$\frac{dr}{d\theta} = A_2 r^2 + A_3 r^3 \ldots + A_n r^n + \ldots, \tag{3}$$

où A_n désigne un polynome en $\cos\theta$ et $\sin\theta$ dont tous les termes ont la parité de l'exposant $n+1$, de façon que l'équation (3) ne change pas si l'on change r et θ en $-r$ et $\theta+\pi$. La solution de cette équation égale à r_0 pour $\theta = 0$ est une fonction holomorphe de r_0

$$r = r_0 + B_2 r_0^2 + B_3 r_0^3 \ldots + B_n r_0^n + \ldots, \tag{4}$$

dont les coefficients B_n sont des fonctions de θ nulles pour $\theta = 0$. Si le développement (2) est convergent, les courbes intégrales ont, au voisinage du point O, une forme analogue à des circonférences de centre O : dans ce cas Poincaré a appelé le point O un *centre*; nécessairement alors les fonctions B_n sont périodiques en θ et sont des polynomes en $\cos\theta$ et $\sin\theta$. Réciproquement, si les B_n sont des polynomes en $\cos\theta$ et $\sin\theta$, les courbes intégrales sont des courbes fermées au voisinage du point O, qui ne saurait être un foyer.

Or, dans le cas exceptionnel ainsi défini, en résolvant un problème de retour des suites à partir du développement (4), puis par élévation au carré, nous obtenons deux intégrales de l'équation (3)

$$r_0 = r + C_2 r^2 \ldots + C_n r^n + \ldots, \qquad r_0^2 = r^2 + D_3 r^3 \ldots + D_n r^n + \ldots,$$

(¹) POINCARÉ, *Journal de Mathématiques*, 4ᵉ série, **1**, 1885, pp. 181-193; *Œuvres*, **1**, pp. 102-112; PICARD, *Traité d'Analyse*, 3ᵉ éd., 1928, p. 221; CHAZY, *Journal de Mathématiques*, 9ᵉ série, **15**, 1936, p. 418.

représentées par des développements qui convergent si r est assez petit, et dont les coefficients C_n et D_n sont de même des polynomes en $\cos\theta$ et $\sin\theta$. On forme une troisième intégrale en remplaçant dans la deuxième r et θ par $-r$ et $\theta+\pi$, et une quatrième intégrale égale à la demi-somme des deux dernières

$$r^2 + E_3 r^3 + E_4 r^4 \ldots + E_n r^n + \ldots, \tag{5}$$

où les coefficients E_n sont encore des polynomes en $\cos\theta$ et $\sin\theta$, mais dont tous les termes ont la parité de l'exposant n. Ainsi E_n est, comme précédemment $\varphi(\theta)$, une expression linéaire en $\cos n\theta$, $\sin n\theta$; $\cos(n-2)\theta$, $\sin(n-2)\theta$, ..., mais *a priori* peut contenir aussi des termes linéaires en $\cos(n+2)\theta$, $\sin(n+2)\theta$; $\cos(n+4)\theta$, $\sin(n+4)\theta$; $\cos(n+6)\theta$, ...

En fait ces derniers termes n'existent pas. En effet les fonctions E_3, E_4, ..., E_n, ... doivent satisfaire de proche en proche à l'équation de récurrence antérieure $d\varphi/d\theta = -\psi(\theta)$; il en résulte que le degré du polynome E_n en $\cos\theta$ et $\sin\theta$ est au plus égal à l'exposant n, et que, si l'on revient des coordonnées r et θ aux variables x et y, le terme $E_n r^n$ devient un polynome de degré n en x et y. Ainsi l'intégrale (5) est de la forme considérée plus haut, et par suite est identique à l'intégrale F pour un choix convenable des constantes successives K. Donc, *quand les constantes* K *sont convenablement choisies, le developpement* (2) *est convergent :* c'est le résultat démontré par Poincaré.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des lipides et de la catalyse.* Note de M. **Henri Deslandres**.

La Note précédente du 26 février 1945 était consacrée aux glucides et à la catalyse. La Note actuelle est consacrée aux lipides et aussi à la catalyse.

Lipides. — Les lipides ont été moins étudiés que les autres molécules biologiques, car on les sépare difficilement des glucides et des protides auxquels ils sont unis le plus souvent. Le spectre Raman est connu pour un très petit nombre de ces molécules; aussi présenterai-je avec plus de détails celles dont le spectre Raman a été publié.

Les lipides offrent quatre groupes principaux : les glycérides, les cérides, les stérides et les lécithides. Les glycérides, qui sont les molécules les plus nombreuses, dérivent du glycérol, dont la formule brute est $C^3H^8O^3$, et la formule de constitution $CH^2OH—CHOH—CH^2OH$, avec deux alcools primaires et un secondaire. Les glycérides sont des esters du glycérol, mono- ou bi- ou triesters, les acides étant des acides gras à haute condensation en carbone.

Or le glycérol a été déjà analysé dans ma Note du 1er décembre 1941, les fréquences étant dues à Houdon et Martin [1]. Il est *a priori* divisible en deux

---

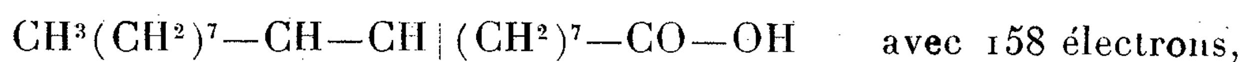
(1) Houdon et Martin, *Trans. Roy. Soc. Canada*, **21**, 1933, p. 91.

parties dont les nombres d'électrons ont une petite différence égale à 2, et les nombres s' d'électrons activés, communs aux deux parties, sont 25, 19 et 13. Or les 15 fréquences de Houdon et Martin, et en particulier la fréquence forte ν 1888, analysée dans la Note de 1941, ont les 3 nombres précédents. De plus, récemment, des fréquences plus petites du glycérol ont été publiées : ν 36, 41, 42, 158 et 670. Le résultat de leur analyse est le suivant :

$$\begin{array}{rlrl}
\nu\ 1888 = & 65 d_1/25 \quad -2,0 & \nu\ 42 = & d_1/25 \quad -0,5 \\
= & 106 d_1/13 \times 3 + 0,2 & 158 = & 17 d_1/19 \times 6 - 0,4 \\
 & 282 d_1/19 \times 3 - 1,2 & 670 = & 12 d_1/19 \quad -1,0 \\
\nu\ 36 = & 2 d_1/19 \times 3 - 0,9 & = & 41 d_1/13 \times 5 - 0,3 \\
 & 4 d_1/13 \times 9 - 0,3 & = & 63 d_1/25 \times 2 + 0,6 \\
\nu\ 41 = & d_1/19 \times 2 + 0,1 & &
\end{array}$$

Les nombres s' déduits de la formule se retrouvent nettement dans l'analyse des fréquences.

Parmi les acides gras unis aux alcools, un des plus importants est l'acide oléique des tissus adipeux, qui offre une double liaison et domine dans le beurre. Sa formule de constitution,



$CH^3(CH^2)^7-CH-CH \mid (CH^2)^7-CO-OH$ avec 158 électrons,

indique la division en deux parties égales

$$23 + 56/56 + 23 \quad \text{ou} \quad 79/79.$$

d'où les nombres s' probables d'électrons activables, communs aux deux parties 79, 59 et 39; mais, à ma connaissance, le spectre Raman de cette molécule n'a pas été publié. A noter d'autre part que jusqu'ici l'accord entre les nombres s' déduits de la formule de constitution et de l'analyse des fréquences a été parfait.

Les stérols sont des esters d'acides gras et d'alcools polycycliques : ils sont très répandus dans les végétaux et les animaux. Le plus notable est le cholestérol $C^{27}H^{46}O$, présent dans toutes les parties de notre corps. Son spectre, mesuré par M. Sannié, a été analysé complètement dans ma Note du 1er décembre 1941. Tous les nombres s' d'électrons activables, déduits des groupements variés de ses atomes et de la formule de constitution, 52, 53, 54, 60, 94, 44 et 128, 60 et 88, 63 et 64, 90 et 91, se retrouvent dans les 26 fréquences de la molécule et même dans les 3 fréquences principales.

A ces lipides peu nombreux je joindrai une vitamine et une hormone.

La vitamine antirachitique D_2 a la formule $C^{27}H^{44}O$ avec 214 électrons. Très probablement, son premier nombre s' d'électrons activables est la moitié de 214 ou 107 électrons; tous les électrons de la molécule interviennent, ainsi que dans la grande majorité des molécules étudiées jusqu'ici; puis, si, dans les 3 atomes de la vitamine les 2 électrons voisins du noyau ne sont pas activés, le nombre s' est diminué de 28; et si les deux électrons du sous-anneau suivant ne

sont plus excités, le nombre s' est diminué une seconde fois de 28. Les nombres s' d'électrons activables sont ainsi, 107, 79 et 51.

L'hormone sexuelle mâle, le testostérone, dont la formule brute, $C^{19}H^{28}O^{2}$, annonce 158 électrons; activé dans les mêmes conditions, il aurait les nombres s' d'électrons activables 79, 58 et 37. Mais le spectre Raman de ces deux molécules très intéressantes n'a pas encore été publié à ma connaissance.

Catalyse. — Les catalyses sont tellement nombreuses qu'il est difficile de reconnaître celles qui sont les plus dignes d'être étudiées.

Je présenterai surtout des catalyses dans lesquelles le catalyseur et le catalysé n'ont à première vue aucun point commun et qui sont les plus étonnantes. Ces catalyses sont analogues à celle qui extrait le chlore de l'acide chlorhydrique avec le sulfate de cuivre comme catalyseur. Or le chlore et les fréquences de $CuSO^{3}$ ont en commun les nombres s' d'électrons activables 13, 15 et 17. Cette relation simple, qui peut être la première annoncée entre le catalyseur et le catalysé, a été vérifiée déjà sur 10 catalyses

J'ajoute dans cette Note d'autres catalyses.

Le chlorure d'aluminium anhydre $AlCl^{3}$ est un catalyseur très fécond. Les nombres s' d'électrons activables de Al et Cl sont 1, 3, 9, 11, 13 et 5, 7, 13, 15, 17; le nombre 13 qui leur est commun se retrouve dans les 2 fréquences de $AlCl^{3}$, ν 927 et 1044, qui ont de nombreux s', 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23..., ce qui peut expliquer les nombreuses catalyses assurées par $AlCl^{3}$.

En particulier cette molécule réalise la fixation de l'oxygène sur les carbures aromatiques; avec le benzène elle donne le phénol $C^{6}H^{5}.OH$, qui émet 10 fréquences de ν 41 à ν 1062. Les seules fréquences ν 41 et ν 158 ont les nombres s' 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18.... Le catalyseur et le catalysé ont en commun de multiples nombres s'.

On pourrait ajouter beaucoup d'autres catalyses de $AlCl^{3}$, mais il faudrait avoir en même temps le spectre Raman des molécules formées par la catalyse.

J'ajouterai seulement quelques catalyses discutées en 1925 par des chimistes éminents à l'Institut International de Chimie Solvay.

Armstrong et Hilditch, dans un Mémoire intitulé *Catalyse par les substances solides*, annoncent de curieuses hydrogénations successives avec le nickel comme catalyseur. Je les examine pour reconnaître l'action de la résonance :

le dipentène $C^{10}H^{16}$ devient ainsi du carvomenthène $C^{10}H^{18}$, dont les deux fréquences, ν 297 et 357, donnent à l'analyse les nombres d'électrons activables du nickel (2, 10, 16, 18, 24, 26, 28). La fréquence

$$\nu\,297 = 5d_1/18 = 14d_1/10 \times 5 = 29d_1/26 \times 4,$$
$$\nu\,357 = 27d_1/10 \times 5 = 47d_1/28 \times 5;$$

le carvone $C^{10}H^{14}O$ devient du carvotanacétone $C^{10}H^{16}O$, dont la fréquence ν 800 a les nombres s' 10, 16, 18 et 24 de Ni;

le citral $C^{10}H^{16}O$ devient du citronellal $C^{10}H^{18}O$, dont les fréquences ν 531 et 862 offrent tous les nombres s' du nickel $\nu\,531 = d_1/2/531,2) - 0,2$;

le géraniol $C^{10}H^{28}O$ devient du citronellol $C^{10}H^{20}O$, dont la fréquence ν 501 a aussi tous les nombres s' du nickel;

le linalol $C^{10}H^{18}O$ devient du dihydrolinalol $C^{10}H^{20}O$, dont le spectre Raman ne m'est pas connu.

Armstrong et Hilditch écrivent que certaines de ces réactions catalytiques sont dues à des forces qu'il est impossible de distinguer de ce qu'on appelle habituellement « l'affinité chimique ».

Certes l'affinité chimique peut jouer un rôle important, mais l'action de la résonance n'est pas négligeable et il est probable qu'elle intervient dans toutes les catalyses.

La Note suivante sera consacrée aux protides et aussi à la catalyse.

NOMINATIONS.

Le **Directeur** de l'**Institut Pasteur** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter à la cérémonie qui aura lieu le mardi 3 juillet 1945, à cet Institut, pour commémorer le *centième anniversaire* de la naissance d'Élie Metchnikoff.

M. **Maurice Caullery** est délégué.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **René Fortrat** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale en remplacement de M. *Charles Eugène Guye*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Conférence internationale des Africanistes de l'Ouest. *Compte rendu de la première réunion*. Dakar, 19-25 janvier 1945.

2° Constantin Levaditi. *Précis de virologie médicale* (présenté par M. G. Ramon).

ALGÈBRE. — *Sur les polynomes dont les zéros sont symétriques par rapport à un contour circulaire*. Note de M. **Germán Ancochea**, présentée par M. Paul Montel.

1. Théorème A. — *Si $f(x)$ est un polynome de degré* **n** *dont les zéros sont symétriques par rapport à la circonférence-unité* C, *on a*

$$\left|\frac{f'(x)}{f(x)}\right| \geqq \frac{n}{2},$$

pour tous les points de C.

Soit en effet x_0 un point quelconque de C; posons

$$(1) \qquad \frac{f'(x_0)}{f(x_0)} = \sum_1^n \frac{1}{x_0 - \alpha_i},$$

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ désignant les zéros de $f(x)$. Les termes du second membre de (1), correspondant à des zéros symétriques par rapport à C, ont pour affixes des points symétriques par rapport à la droite d'équation

$$x_0 x + \overline{x}_0 \overline{x} - 1 = 0,$$

transformée de C, dont l'équation est $x\overline{x} = 1$, par la substitution $[1/(x_0 - x), x]$, droite dont la distance à l'origine est $1/2|x_0| = 1/2$.

La moyenne arithmétique des termes de (1) étant sur cette droite, la somme vérifie évidemment l'inégalité de l'énoncé.

La limite inférieure $n/2$ est atteinte dans le cas, et seulement dans le cas où $f(x)$ a ses zéros alignés sur une même droite.

2. Le contenu qualitatif du théorème précédent peut être exprimé par le :

THÉORÈME A_1. — *Si $f(x)$ est un polynome dont les zéros sont symétriques par rapport à la circonférence-unité* C, *il n'existe, sur* C, *d'autres zéros de $f'(x)$ que ceux qui correspondent aux zéros multiples de $f(x)$.*

Sous cette forme il est à rapprocher du théorème de Rolle : les deux théorèmes concernent la position des zéros de la dérivée d'un polynome dont les zéros sont symétriques par rapport à un contour circulaire (circonférence et droite respectivement).

3. La relation que nous venons de signaler apparaîtra plus nette à l'aide des considérations suivantes :

Rappelons que l'on désigne par le nom de *dérivée* d'un polynome $f(x)$, de degré n, par rapport à un point ξ, le polynome

$$(\xi - x)f'(x) + nf(x) \quad [1]$$

et que ce polynome est un *covariant* de $f(x)$ pour les transformations linéaires de la variable complexe x. Rappelons aussi que la dérivée par rapport au point à l'infini coïncide avec la dérivée ordinaire.

Pour le théorème de Rolle, le point à l'infini appartient au contour circulaire dont il est question (l'axe réel); pour le théorème A_1 au contraire, il ne lui appartient pas.

Ce qui précède et les propriétés connues des transformations linéaires d'une variable complexe permettent d'énoncer un théorème qui comprend celui de Rolle et le théorème A_1 sous la forme, la plus générale, invariante pour les-dites transformations [2]. C'est le :

---

(1) *Cf.* PÓLYA-SZEGÖ; *Aufgaben und Lehrsätze aus der Analysis*, Berlin, 1925, Bd. 2, p. 61.

(2) Laguerre a donné le théorème de Rolle sous forme invariante pour les transformations linéaires réelles (*Comptes rendus*, 78, 1874, p. 278. *Œuvres*, 1, pp. 48-50).

THÉORÈME. — *Soient* Γ *un contour circulaire du plan de Cauchy,* $f(x)$ *un polynome de degré n, ayant ses zéros symétriques par rapport à* Γ, *et*

$$(\xi - x)f'(x) + nf(x) \tag{2}$$

la dérivée de $f(x)$ *par rapport au point* ξ :

1° *si* ξ *est situé sur* Γ, ξ *et les zéros de* (2) *séparent, sur* Γ, *les zéros de* $f(x)$;

2° *si* ξ *n'est pas sur* Γ, *il n'existe, sur* Γ, *d'autres zéros de* (2) *que ceux qui correspondent aux zéros multiples de* $f(x)$.

Remarque sur la Note précédente,
par M. **Paul Montel.**

L'inégalité établie dans le théorème A est aussi valable dans le cas à tous les zéros du polynome $f(x)$ sont intérieurs à C, comme il résulte d'une égalité due à M. J. L. Walsh :

$$\frac{f'(x_0)}{f(x_0)} = \frac{n}{x_0 - \xi},$$

x_0 désignant l'affixe d'un point non intérieur à C et ξ l'affixe d'un point non extérieur à C. On a donc

$$\left|\frac{f'(x_0)}{f(x_0)}\right| \geqq \frac{n}{1 + |x_0|},$$

l'égalité n'étant atteinte que lorsque $f(x_0)$ admet le point $-(x_0/|x_0|)$ comme zéro multiple d'ordre n. Si x_0 est sur la circonférence C, on a

$$\left|\frac{f'(x_0)}{f(x_0)}\right| \geqq \frac{n}{2}.$$

Ce résultat n'est pas modifié si $f(x)$ a, en plus des zéros intérieurs à C, des couples de zéros symétriques par rapport à C. On obtient ainsi le

THÉORÈME A'. — *Si le polynome* $f(x)$, *de degré n, n'admet que des zéros intérieurs à* C *et des couples de zéros symétriques par rapport à* C, *on a l'inégalité*

$$\left|\frac{f'(x_0)}{f(x_0)}\right| \geqq \frac{n}{2},$$

x_0 *désignant l'affixe d'un point de* C.

TOPOLOGIE. — *Théorème de dualité pour le polyèdre infini.*
Note de M. **George Chogoshvili**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans plusieurs questions de la théorie d'homologie il est indispensable de faire usage non seulement des notions ordinaires du spectre inverse de groupes bicompacts et du spectre direct de groupes discrets [1], mais aussi de la notion du spectre inverse de groupes discrets, ainsi que de celle du spectre direct de

[1] Voir P. Alexandroff, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 49, 1941.

groupes bicompacts [2]. Comme cela arrive dans la question qui nous intéresse, nous allons commencer par la définition des groupes limites de tels spectres.

Soit $\{B_\alpha, \pi_\beta^\alpha\}$ un spectre direct des groupes bicompacts B_α avec des homomorphismes π_β^α, $\pi_\beta^\alpha B_\alpha \subset B_\beta$. Considérons le spectre $\{A_\alpha, \sigma_\alpha^\beta\}$ des groupes discrets A_α réciproques avec B_α pour chaque α, avec les homomorphismes σ_α^β, $\sigma_\alpha^\beta A_\beta \subset A_\alpha$, conjugués à π_β^α, c'est-à-dire tels que $(a_\beta, \pi_\beta^\alpha b_\alpha) = (\sigma_\alpha^\beta a_\beta, b_\alpha)$ si $a_\beta \in A_\beta$, $b_\alpha \in B_\alpha$. Désignons par A le groupe limite (discret) du spectre $\{A_\alpha, \sigma_\alpha^\beta\}$ et par A_α^0 son sous-groupe formé par tous les éléments de A_α qui sont des coordonnées des éléments de A. Soit B_α^0 l'annulateur du sous-groupe A_α^0 dans B_α. A_α^0 et le groupe complémentaire $B_\alpha - B_\alpha^0 = C_\alpha$ sont alors les groupes réciproques, c'est-à-dire les groupes des caractères l'un de l'autre [3]. Les groupes C_α forment le spectre direct $\{C_\alpha, \rho_\beta^\alpha\}$ des groupes bicompacts avec les isomorphismes ρ_β^α de C_α dans C_β induits d'une façon naturelle par π_β^α. On définit le groupe limite C du spectre $\{C_\alpha, \rho_\beta^\alpha\}$ de la manière suivante. Les éléments de C sont des *faisceaux* $c = \{c_\alpha\}$ qu'on obtient en choisissant de tout C_α un élément c_α de telle façon qu'on ait $c_\beta = \rho_\beta^\alpha c_\alpha$. L'opération du groupe est introduite au moyen de la formule $c^1 + c^2 = \{c_\alpha^1 + c_\alpha^2\}$. Pour introduire la topologie dans le groupe C nous choisissons un système fini $a^i = \{a_\alpha^i\}$, $i = 1, \ldots, n$, $a_\alpha^i \in A_\alpha$, d'éléments de A et un voisinage W du zéro du groupe complémentaire K du groupe des nombres réels par rapport au sous-groupe des nombres entiers. Le système a_α^i, $i = 1, \ldots, n$, et le voisinage W définissent un voisinage U_α du zéro dans le groupe C_α considéré comme le groupe des caractères du groupe A_α^0. On définit maintenant le voisinage U du zéro de C correspondant au système a^i et au voisinage W comme l'ensemble des éléments $c = \{c_\alpha\}$ de C qui satisfont à la condition $c_\alpha \in U_\alpha$. C est alors un groupe topologique. Définissons la multiplication des éléments de A par ceux de C en posant (a, c), $a = \{a_\alpha\} \in A$, $c = \{c_\alpha\} \in C$, égal à (a_α, c_α). Alors A est le groupe de tous les caractères du groupe C, tandis que C est le groupe de certains caractères de A et un sous-groupe partout dense du groupe des caractères $\overline{C}$ du groupe A. C'est ce groupe C qu'on regarde comme le groupe limite du spectre $\{B_\alpha, \pi_\beta^\alpha\}$.

2. Soit P un polyèdre courbe infini [4] situé dans un espace sphérique à n dimensions S^n, et soit $B^r(P, G)$ son groupe de Betti r-dimensionnel, à cycles finis et à homologies finies, par rapport à un champ de coefficients discrets G.

Considérons des cycles $Z^s = (Z_1^s, \ldots, Z_m^s, \ldots)$ au sens de Vietoris, avec des coefficients qui varient dans un champ de coefficients bicompacts Θ, chacun des Z^s

---

(2) Voir G. Chogoshvili, *C. R. Acad. Sci. U. R. S. S.*, **46**, iv, 1945.

(3) Voir L. Pontrjagin, *Topological Groups*, 1939.

(4) Alexandroff-Hopf, *Topologie*, **1**, 1935, p. 149.

étant situé dans un sous-ensemble compact Q_ζ de l'ensemble $Q = S^n - P$. Nous dirons qu'un Z^s est homologue à zéro, $Z^s \sim O$, s'il existe un compactum $\tilde{Q}_\zeta$, $Q_\zeta \subset \tilde{Q}_\zeta \subset Q$, sur lequel Z^s est $\sim O$ au sens ordinaire. On introduit l'algèbre et la topologie dans l'ensemble des classes d'homologie de tels cycles par le même procédé que celui que L. Pontrjagin emploie au cas où Q est compact ([5]). Le groupe obtenu $B^s(Q, \Theta)$ sera nommé groupe de Betti s-dimensionnel de l'espace Q par rapport à Θ.

Soient h_P et h_Q deux éléments respectifs de $B^r(P, G)$ et de $B^{n-r-1}(Q, \Theta)$, les groupes G et Θ étant réciproques, et soient ζ^r un cycle de h_P et Z^{n-r-1} un cycle de h_Q. Le cycle ζ^r étant considéré comme un cycle de l'ensemble ouvert $S^n - Q_\zeta$ nous définissons le produit (h_P, h_Q) comme égal au coefficient d'enlacement de ζ^r et de Z^{n-r-1}.

On a le

Théorème. — *Le groupe* $B^{n-r-1}(Q, \Theta)$ *est un groupe bicompact. Les groupes* $B^r(P, G)$ *et* $B^{n-r-1}(Q, \Theta)$ *sont réciproques : comme produit des classes d'homologie* $h_P \in B^r(P, G)$ *et* $h_Q \in B^{n-r-1}(Q, \Theta)$ *on peut prendre le coefficient d'enlacement des cycles* $\zeta^r \in h_P$ *et* $Z^{n-r-1} \in h_Q$.

La démonstration de ce théorème s'appuie sur la considération du spectre direct des groupes bicompacts et sur le théorème suivant :

Théorème. — *Le polyèdre infini est la rétracte de ses voisinages suffisamment petits.*

Soit $\{U_\alpha\}$ un système des voisinages U_α se rétractant sur P, tel que pour chaque compactum Q' on peut trouver un U_α satisfaisant à la condition $U_\alpha \cap Q' = 0$. Le groupe $B^{n-r-1}(S^n - U_\alpha, \Theta)$ peut être représenté comme la somme directe des groupes bicompacts $B_\star^{n-r-1}(S^n - U_\alpha, \Theta)$ et $S^{n-r-1}(S^n - U_\alpha, \Theta)$, dont le premier est réciproque avec $B^r(P, G)$. En faisant correspondre à tout élément h_α de $B_\star^{n-r-1}(S^n - U_\alpha, \Theta)$ l'élément h_β de $B^{n-r-1}(S^n - U_\beta, \Theta)$, $U_\alpha \supset U_\beta$, qui contient les cycles de h_α, on obtient une transformation isomorphe E_β^α du groupe $B_\star^{n-r-1}(S^n - U_\alpha, \Theta)$ dans le groupe $B_\star^{n-r-1}(S^n - U_\beta, \Theta)$. Désignons par $B_\star$ le groupe limite du spectre direct des groupes bicompacts $\{B_\star^{n-r-1}(S^n - U_\alpha, \Theta), E_\beta^\alpha\}$. Le groupe $B_\star$ est d'un côté réciproque au groupe $B^r(P, G)$ et de l'autre isomorphe à $B^{n-r-1}(Q, \Theta)$; les éléments qui se correspondent dans cet isomorphisme présentent le même caractère du groupe $B^r(P, G)$, réalisé par le coefficient d'enlacement des cycles des classes multipliés entre eux des groupes $B^r(P, G)$ et $B^{n-r-1}(Q, \Theta)$.

([5]) *Ann. of Math.*, **35**, 1945, p. 904.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Application du calcul symbolique à la résolution d'une équation de Volterra dont le noyau n'appartient pas au groupe du cycle fermé.* Note (¹) de M. **Maurice Parodi.**

Soit à résoudre l'équation intégrale

$$\int_0^t J_0(\sqrt{t^2-x^2})f(x)\,dx = g(t), \tag{1}$$

$f(x)$ étant la fonction inconnue et $J_0(\lambda)$ la fonction de Besssel de première espèce d'ordre zéro.

Posons

$$J_0(\sqrt{t^2-x^2})\,u(x-t) = F(x, t),$$

la fonction $u(x-t)$ étant telle qu'elle soit identiquement nulle pour $x>t$ et égale à 1 pour $x<t$. Dans ces conditions l'équation (1) peut être remplacée par

$$\int_0^\infty F(x, t)f(x)\,dx = g(t). \tag{2}$$

En faisant une transformation de Carson relative à la variable t, avec la forme que revêt $F(x, t)$, on peut écrire la correspondance

$$F(x, t) = J_0(\sqrt{t^2-x^2})\,u(x-t) \supset \frac{p\,e^{-x\sqrt{p^2+1}}}{\sqrt{p^2+1}}.$$

Cela étant, effectuons une transformation de Carson sur les deux membres de (2); en posant

$$\theta(p) \subset g(t),$$

il vient

$$\frac{p}{\sqrt{p^2+1}}\int_0^\infty e^{-x\sqrt{p^2+1}}f(x)\,dx = \theta(p)$$

ou, si $\varphi(p) \subset f(t)$,

$$\frac{p}{p^2+1}\varphi(\sqrt{p^2+1}) = \theta(p)$$

Posons

$$\sqrt{p^2+1} = q,$$

il vient

$$\varphi(q) = \frac{q^2}{\sqrt{q^2-1}}\theta(\sqrt{q^2-1}), \tag{3}$$

en prenant la détermination positive de p.

Cherchons l'original de

$$\frac{q^2}{\sqrt{q^2-1}}\theta(\sqrt{q^2-1}).$$

(¹) Séance du 18 juin 1945.

Considérons la fonction de Bessel modifiée de première espèce d'ordre zéro $I_0(\lambda)$; on a la correspondance

$$I_0(\sqrt{t^2-x^2})\,u(x-t) \supset \frac{p\,e^{-x\sqrt{p^2-1}}}{\sqrt{p^2-1}}.$$

On en déduit

$$\int_0^t I_0(\sqrt{t^2-x^2})\,g(x)\,dx = \int_0^\infty I_0(\sqrt{t^2-x^2})\,u(x-t)\,g(x)\,dx$$

$$\supset \frac{p}{\sqrt{p^2-1}}\int_0^\infty e^{-x\sqrt{p^2-1}}\,g(x)\,dx = \frac{p}{p^2-1}\,\theta(\sqrt{p^2-1}).$$

Or (3) peut s'écrire

$$\varphi(q) = q(q^2-1)\frac{1}{q}\,\frac{q}{\sqrt{q^2-1}}\,q\,\frac{\theta(\sqrt{q^2-1})}{q^2-1}.$$

Comme

$$\frac{q}{\sqrt{q^2-1}} \subset I_0(t),$$

on a, tout d'abord,

$$\frac{1}{q}\,\frac{q}{\sqrt{q^2-1}}\,q\,\frac{\theta(\sqrt{q^2-1})}{q^2-1} \subset \int_0^t I_0(t-\lambda)\left[\int_0^\infty I_0(\sqrt{\lambda^2-x^2})\,u(x-\lambda)\,g(x)\,dx\right]d\lambda$$

$$= \int_0^t I_0(t-\lambda)\left[\int_0^\lambda I_0(\sqrt{\lambda^2-x^2})\,g(x)\,dx\right]d\lambda.$$

Compte tenu des règles symboliques de dérivation, il vient ensuite

$$(4)\qquad f(t) = \left(\frac{d^3}{dt^3}-\frac{d}{dt}\right)\left(\int_0^t I_0(t-\lambda)\left[\int_0^\lambda I_0(\sqrt{\lambda^2-x^2})\,g(x)\,dx\right]d\lambda\right),$$

à condition que $g(0) = 0$.

MAGNÉTISME. — *Ferromagnétisme et paramagnétisme du dysprosium métallique.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le gadolinium (n° atomique 64), isolé en 1935 [1], présente un point de Curie ferromagnétique à 16° C ± 2 et, vers les basses températures, tous les caractères d'un ferromagnétisme intense [2] ($\sigma_{H_\infty, 0°K} = 253{,}5$ U. C. G. S.).

En 1937 [3] et 1939 [4], Klemm et Bommer obtiennent, par action d'un métal alcalin sur différents chlorures rares, les métaux pulvérulents correspondants, dispersés dans une gangue inséparable de chlorures alcalins. Ils déterminent des points de Curie paramagnétiques positifs pour le terbium, le dysprosium, l'holmium et l'erbium. Au-dessous de ces points, une sensibilité

(1) F. Trombe, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 459.

(2) G. Urbain, P. Weiss et F. Trombe, *ibid.*, **200**, 1935, p. 2132.

(3) W. Klemm et H. Bommer, *Z. anorg. allgem. Chem.*, **231**, 1937, p. 138.

(4) H. Bommer, *ibid.*, **242**, 1939, p. 277.

au champ agissant est le seul indice de ferromagnétisme observé. Avec les champs utilisés (300 à 540 Oe) aucun point de Curie ferromagnétique n'apparaît.

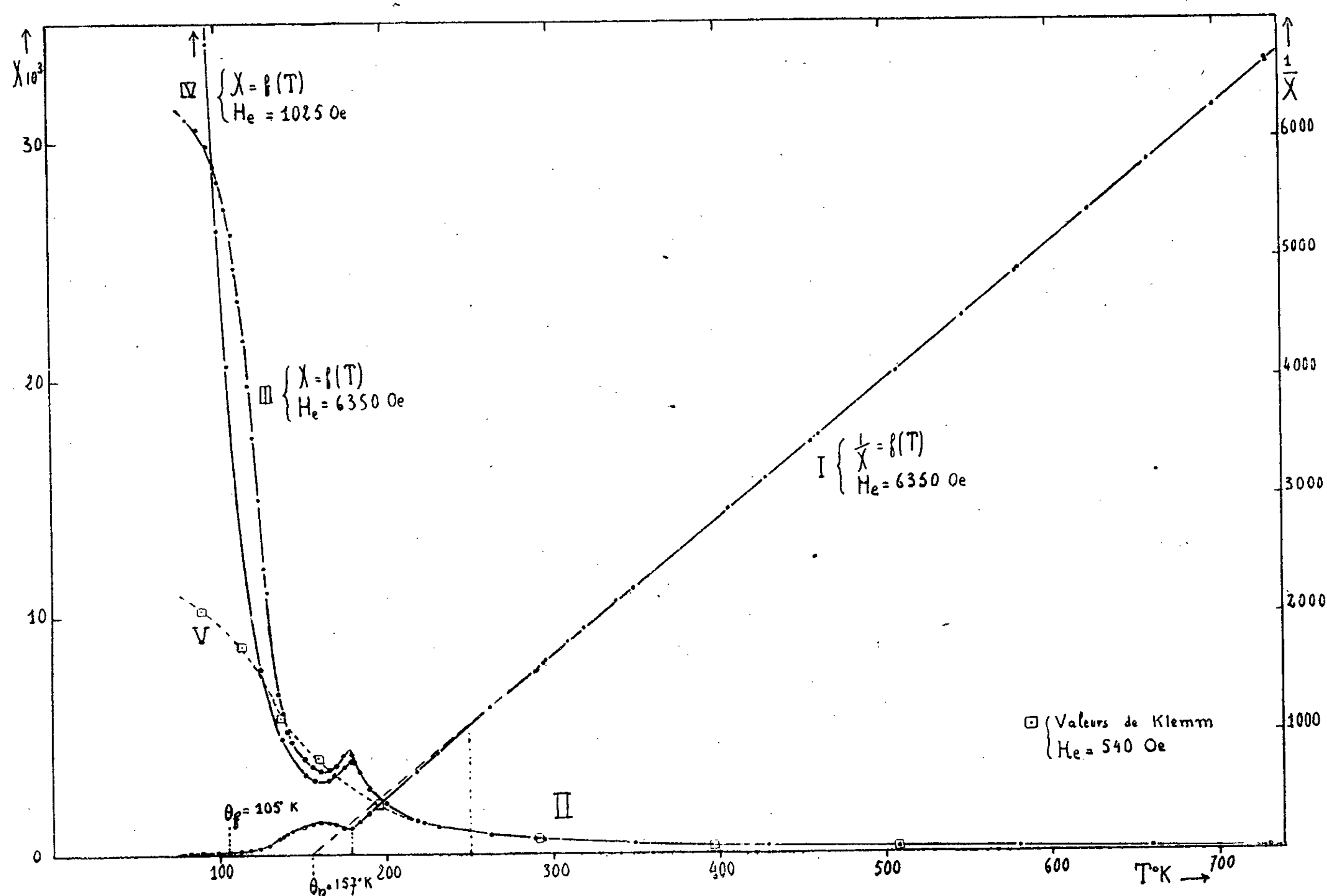
Dans le groupe des terres rares, d'après les résultats précédents, seul le gadolinium semblait être véritablement ferromagnétique.

J'ai isolé récemment ([5]), à partir de son alliage avec le cadmium, du dysprosium pur, métal compact et malléable, particulièrement traité pour éliminer les traces de fer.

Son étude thermomagnétique, effectuée dans une ampoule de quartz scellée, avec la balance à translation de Foëx et Forrer ([6]), donne des résultats (courbes I, II, III, IV) entièrement différents, à basse température, de ceux indiqués par Klemm (courbe V).

Entre 730 et 250° K., le dysprosium est paramagnétique. Sa constante de Curie atomique est égale à $C_a = 14,090$. Le moment conventionnel, calculé par la formule de Langevin, est de 10.64 μ_B (52,6 μ_W). Il est très sensiblement égal à celui de l'ion Dy^{+++}, 10,6 μ_B. Le point de Curie paramagnétique θ_p est à 157° K.

Klemm, dans la région paramagnétique, trouve 10,9 μ_B et $\theta_p = 150°$ K.



Au-dessous de 250° K., la susceptibilité χ croît plus vite que ne l'impliquerait la variation paramagnétique précédente. A 179 ou 177° K., suivant le champ

([5]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 603.

([6]) *Journ. de Physique*, 6e série, **7**, 1926, p. 180.

utilisé (1025 ou 6350 Oe), on observe un maximum très accusé indépendant du sens de variation de la température. A partir de ce maximum, la valeur de χ dépend du champ; elle décroît, passe par un minimum vers 160° K. et croît ensuite d'autant plus brusquement que le champ agissant (entre 250 et 8775 Oe), est plus faible.

Le point de Curie ferromagnétique θ_f se déplace vers les basses températures quand le champ décroît. La variation du carré des aimantations dans 250 Oe permet de le situer à 105° K. $\pm$ 3. Au-dessous de θ_f le dysprosium présente des effets de rémanence et de saturation. A 88° K les valeurs de $\chi\, 10^6$ varient de 51200, dans 1025 Oe à 24500, dans 8775 Oe.

L'écart entre les deux points de Curie ($\theta_p - \theta_f = 52°$) est anormalement grand. L'anomalie observée à 179° K, anomalie dont la nature ne peut être encore précisée, est probablement responsable de ce résultat.

L'étude complète du ferromagnétisme du dysprosium et notamment la détermination de son moment absolu nécessitera l'emploi de très basses températures et de champs élevés.

Il semble dès maintenant établi que, contrairement aux conclusions de Klemm, le dysprosium présente à basse température, comme le gadolinium, les principaux caractères d'un élément ferromagnétique.

FERROMAGNÉTISME. — *Sur la théorie du transformateur.*

Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Charles Fabry.

Le fonctionnement d'un transformateur alimenté par une f. é. m. sinusoïdale $u_1 = U_1 \sin \omega t + V_1 \cos \omega t$ est représenté par les deux équations bien connues

$$u_1 = R_1 i_1 + l_1 \frac{di_1}{dt} + 10^{-8} n_1 \frac{d\Phi}{dt}, \tag{1}$$

$$0 = R_2 i_2 + l_2 \frac{di_2}{dt} + 10^{-8} n_2 \frac{d\Phi}{dt}, \tag{2}$$

qui contiennent les intensités primaire et secondaire i_1 et i_2 ainsi que le flux Φ (supposé conservatif) qui parcourt le circuit magnétique. Pour déterminer ces trois quantités, il faut connaître en outre la relation qui lie le flux aux ampères-tours magnétisants.

J'ai montré [1] que le cycle dynamique décrit par un circuit magnétique pouvait être représenté dans la plupart des cas par des formules du type

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi}{10 l}(n_1 i_1 + n_2 i_2) = A + B \operatorname{sh} C\mathcal{B} + D e^{F(\mathcal{B} \pm \mathcal{B}_m)}. \tag{3}$$

Comme

$$\Phi = \mathcal{B} S \qquad \text{(S, section droite du circuit)}, \tag{4}$$

[1] *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 244.

l'élimination de $\mathcal{B}$ et Φ entre (1), (2), (3), (4) fournit deux équations à deux inconnues i_1 et i_2, qui déterminent les intensités primaire et secondaire (et leurs harmoniques), *compte tenu des propriétés du circuit magnétique*.

La détermination de i_1 et i_2 s'effectue très facilement dans le cas où R_1 et l_1 sont nuls. L'équation (1) montre que $\mathcal{B}$ est alors une fonction sinusoïdale du temps, et les formules contenues dans la Note précitée fournissent les coefficients $I_{2\nu+1}$ et $J_{2\nu+1}$ du développement en série de Fourier de $n_1 i_1 + n_2 i_2$ soit

$$(5) \qquad n_1 i_1 + n_2 i_2 = n_1 \sum_\nu [I_{2\nu+1} \sin(2\nu+1)\omega t + J_{2\nu+1} \cos(2\nu+1)\omega t].$$

De (1), (2) et (5), on déduit les valeurs exactes des coefficients $i_{1k}, i_{2k}, j_{1k}, j_{2k}$ du développement en série de Fourier de i_1 et i_2

$$(6) \qquad \begin{cases} i_{2k} = -\tau \dfrac{R_2 U_k + k l_2 \omega V_k}{R_2^2 + k^2 l^2 \omega^2}, & j_{2k} = -\tau \dfrac{R_2 V_k - k l_2 \omega U_k}{R_2^2 + k^2 l^2 \omega^2}, \\ i_{1k} = I_k - \tau i_{2k}, & j_{1k} = J_k - \tau j_{2k} \end{cases}$$

avec

$$k = 2\nu + 1, \qquad \tau = \frac{n_2}{n_1}.$$

Dans le cas, toujours réalisé en pratique, où $R_1 i_1$ et $l_1\, di_1/dt$ sont petits par rapport à u_1, on peut les considérer comme des termes correctifs de u_1 et les évaluer avec une précision suffisante en utilisant la valeur $i_1^\star$ de i_1 calculée plus haut. Le fonctionnement du transformateur est alors identique à celui d'un appareil dont l'enroulement primaire, sans résistance ni fuites magnétiques, serait soumis à la tension $u_1 - R_1 i_1 - l_1 (di_1/dt)$ que l'on confond avec

$$u_1 - R_1 i_1^\star - l_1 \frac{di_1^\star}{dt}.$$

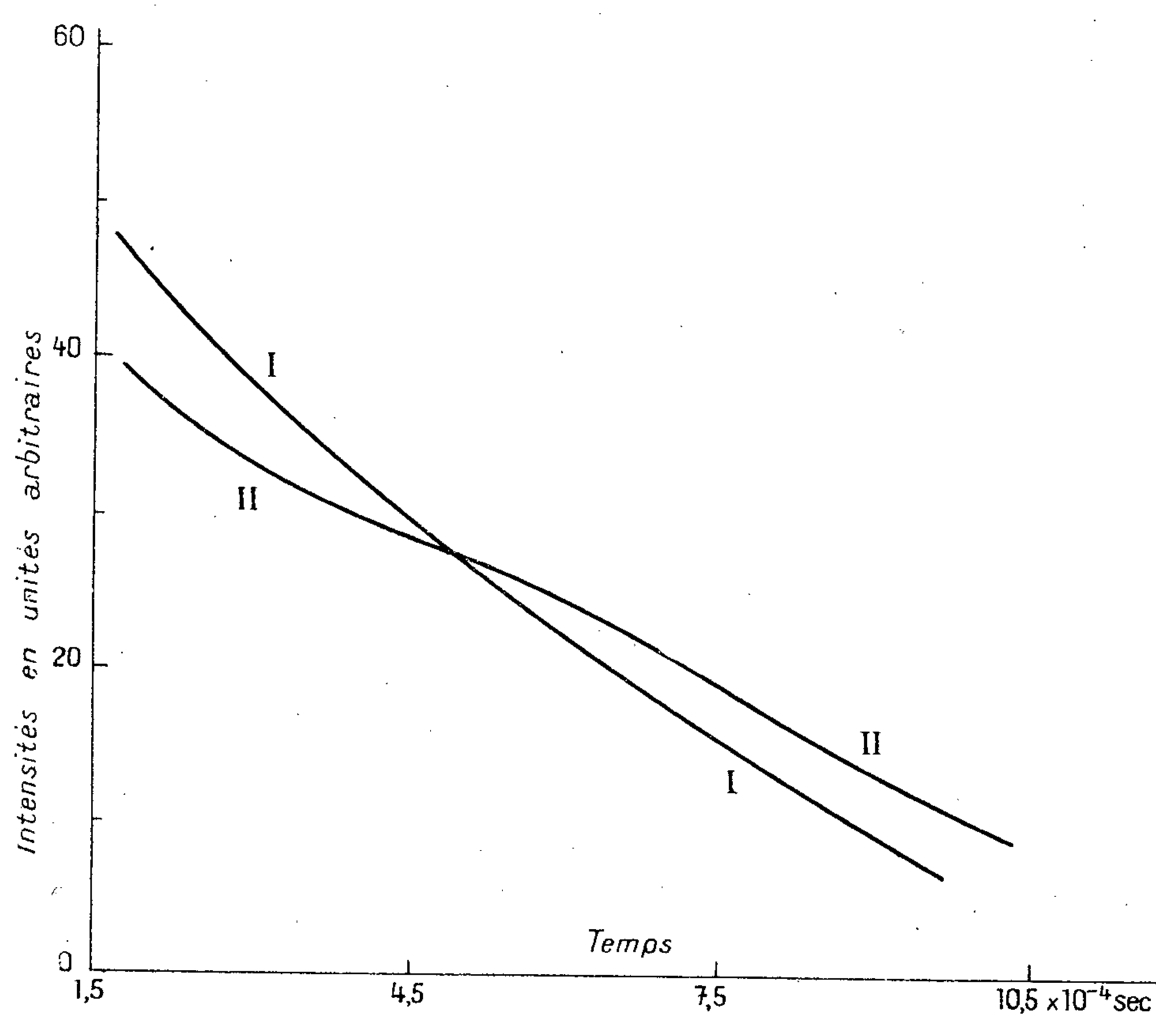
Ces résultats permettent de calculer un transformateur lorsqu'on se donne les tensions primaires et secondaires, la puissance maximum, le rendement et *le cycle décrit par les tôles à pleine charge*. On détermine d'abord, par des considérations de rendement et de construction, n_2, R_1, l_1, R_2, l_2, puis on fait une première approximation en posant, comme plus haut, $R_1 = l_1 = 0$. On en déduit une valeur approchée $n_1^\star$ du nombre de spires primaires et du courant primaire de pleine charge $i_1^\star$.

La seconde approximation consiste à appliquer au primaire, toujours supposé sans résistance, la tension composée $u_1 - R_1 i_1^\star - l_1 (di_1^\star/dt)$. On obtient alors la valeur exacte n_1 du nombre de spires primaires et, par les formules (6), les amplitudes et les phases des intensités, des tensions *et de leurs harmoniques*. Le contrôle de la méthode s'effectue par l'établissement du bilan énergétique du transformateur. Celui-ci s'équilibre à un ou deux millièmes près, établissant la valeur d'un procédé de calcul, *qui introduit directement toutes les propriétés du fer*.

SPECTROSCOPIE — *Sur la variation de la répartition d'intensité dans le spectre de phosphorescence de l'argon.* Note [1] de M. **Louis Herman** et M[me] **Renée Herman**, présentée par M. Charles Fabry.

Les propriétés électriques de l'argon phosphorescent ont déjà été étudiées par C. Kenty [2]. L'excellente synchronisation obtenue dans le phosphoroscope de P. Lejay [3] permet de se rapprocher davantage de la fin de la décharge et d'observer l'effet de la vitesse des électrons sur la composition spectrale de la phosphorescence.

L'examen visuel montre déjà que la couleur de la phosphorescence passe du rose au blanc lorsque le temps s'écoule; l'étude par photométrie photographique permet de montrer, en outre, que l'intensité des diverses raies d'arc ne varie pas de la même façon avec le temps.



Courbe I, variation d'intensité de la raie 4200 Å (4200,7 Å + 4198,3 Å).
Courbe II, variation d'intensité de la raie 6032,1 Å.

La figure montre, à titre d'exemple, la variation d'intensité des raies 4200 Å [composée de deux raies 4200,7 Å ($2s_5$-$3p_9$) et 4198,3 Å ($2s_4$-$3p_5$)] et 6032,1 Å ($2p_9$-$5d'_4$) en fonction du temps écoulé à partir de l'arrêt de la décharge. Les intensités de la raie 6032,1 Å ont été multipliées par un facteur

---

(1) Séance du 18 juin 1945.

(2) *Phys. Rev.*, **32**, 1928, p. 624.

(3) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 69.

convenable de façon à amener en coïncidence les intensités des deux raies pour $t = 4{,}9 \cdot 10^{-4}$ seconde.

On constate que l'intensité de la raie 6032,1 Å décroît, en moyenne, plus lentement que celle de la raie 4200 Å. Ainsi les raies vertes, qui, pour la plupart, appartiennent aux transitions (p-d), augmentent d'intensité par rapport aux raies rouges (s-p). Ceci confirme et explique la variation, avec le temps, de la couleur du spectre de phosphorescence. L'évolution que subit le spectre d'arc au moment de l'arrêt de la décharge [exaltation des raies (p-d) par rapport aux raies (s-p)] semble ainsi se poursuivre pendant la phosphorescence, quoique beaucoup plus lentement.

Si l'on calcule, à partir des données de la figure, les coefficients de recombinaison α en admettant une réaction du second ordre et en négligeant l'effet de la paroi, on trouve que :

1° pour les deux raies, α varie d'abord lentement, puis croît rapidement avec le temps t;

2° α est toujours plus grand pour 4200 Å que pour 5032,1 Å;

3° le rapport des α correspondant à ces deux raies croît en moyenne avec t.

On peut rendre compte qualitativement des faits expérimentaux ci-dessus; en effet une transition telle que (s-p). par exemple, peut s'effectuer par recombinaison de deux façons différentes :

a. soit par suite de la formation directe du terme supérieur p, avec émission d'un spectre continu (pouvant être très faible);

b. soit par suite d'une descente en cascade [avec émission de la raie (p-d)] à partir d'un état élevé d formé lui-même par recombinaison.

La valeur de α réellement observée est la somme des α intervenant dans les deux processus.

On sait d'autre part que, dans le processus *a*, les coefficients de recombinaison ont des valeurs du même ordre de grandeur pour les faibles vitesses électroniques, mais, lorsque la vitesse des électrons augmente, ces coefficients décroissent d'autant plus vite que l'énergie du terme est plus élevée ([4]). Si l'on admet que, pendant la phosphorescence de l'argon, la vitesse moyenne des électrons décroît avec le temps, le rapport des coefficients de recombinaison pour les raies 6032,1 Å et 4200 Å ira en croissant, provoquant une augmentation relative de l'intensité de la première raie, en accord avec les observations.

Il est intéressant de rapprocher les données expérimentales ci-dessus des observations faites sur les raies interdites de l'oxygène et de l'azote atomiques dans les aurores de haute altitude ([5]). Dans ces aurores le spectre atomique semble résulter d'une faible excitation, les raies les plus intenses correspondant aux termes les plus bas, alors que le spectre moléculaire de l'azote correspond,

---

([4]) M. Stobbe, *Annalen der Physik*, 5e série, **7**, 1930, p. 661.

([5]) J. Dufay, *Annales d'Astrophysique*, **6**, III-IV, juillet-octobre 1943.

au contraire, à une forte excitation, puisque le premier système négatif y est de beaucoup le plus intense. Cette contradiction apparente disparaît si l'on admet, aussi bien pour les molécules (⁶) que pour les atomes, que l'excitation provient d'une recombinaison des ions avec des électrons relativement rapides.

RAYONS X. — *Remarques sur les émissions* $K\alpha_1$ *et* α_2 *de l'aluminium et l'unité* X. Note (¹) de Mlle **Yvette Cauchois**.

Au cours de la mise au point d'un spectrographe *universel* à cristaux courbés (²), j'ai analysé le spectre K de l'aluminium. Le tableau rappelle les principales mesures, déjà connues, du doublet $K\alpha$. Elles sont de deux types : celles par réseaux lignés qui fournissent, dans l'échelle métrique, la longueur d'onde moyenne du doublet non résolu; et celles par cristaux, qui peuvent donner, en unités X, les composantes du doublet résolu. On retient comme l'une des meilleures expressions de l'unité X en angströms le rapport entre la valeur de Tyren et celle de Haglund pour $AlK\alpha$, soit $k_\lambda = 1{,}00202.10^{-3}$. Cependant l'écart entre les déterminations de Haglund (par quartz plan) et celles de Shearer (par mica concave) est de l'ordre de la séparation même du doublet, dix fois plus grande que l'erreur estimée par chacun.

	$AlK\alpha_1\alpha_2$ λÅ.		λU.X.			
	E. Bäcklin (²) réseau plan.	F. Tyrén (³) réseau concave.	P. Haglund (⁴) gypse ou mica;	quartz plans.	M. Siegbahn (⁴) mica concave.	J. Shearer (⁵) mica concave.
α_2	$8{,}33^{95}$ (α₂, α₁)	$8{,}33^{97} \pm 3.10^{-4}$ (α₂, α₁)	$8.322{,}90 \pm 0{,}20$ (α₂, α₁)	$8324{,}62$ ($\pm 0{,}20$)	$8324{,}59$	$8322{,}35 \pm 0{,}25$
α_1				$8322{,}18$	$8322{,}19$	$8319{,}88 \pm 0{,}07$
L'auteur mica concave	$K\alpha_2$	Al *pur*	$8323{,}8_2$	Duraluminium	$8324{,}7_2$	U.X. $\pm 0{,}2$
	$K\alpha_1$		$8321{,}3_7$		$8322{,}3_2$	

On pouvait craindre que cet écart ne soit dû à l'emploi, par Shearer, de micas courbés selon la technique de Johann, dont notre spectrographe devait également faire usage; quoique, d'après Haglund lui-même, Siegbahn ait obtenu, par mica concave, des nombres très voisins des siens.

J'ai pris des spectres $AlK\alpha$ (peu exposés afin d'éviter les élargissements et les satellites) avec un mica concave de 25^cm de rayon, en 2e ordre. Avant chaque pose (quelques secondes à quelques minutes) la surface de l'anticathode, en

(⁶) Mme Renée Herman, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 878.

(¹) Séance du 11 juin 1945.

(²) *Journ. de Phys.*, 8e série, **6**, 1945, p. 89.

(³) *Dissertation*, Uppsala, 1938.

(⁴) *Dissertation*, Uppsala, 1940.

(⁵) *Zeits. f. Phys.*, **94**, 1935, p. 369.

(⁶) *Phil. Mag.*, **21**, 1936, p. 501.

aluminium pur ou en duraluminium, est soigneusement nettoyée. Avec un gypse concave donnant 26,4 U.X./mm, N. G. Johnson ([7]) ne résout pas $\alpha_1 \alpha_2$; ici, sous 43,7 U.X./mm, elles sont nettement séparées. J'ai pu employer comme raie de référence Cr K β_1, très proche mais bien distincte de α_1, ainsi que Ni K α_1. Le spectre est photographié sur plaque tangente au cylindre de focalisation, au voisinage de la tangente. Les longueurs d'onde sont calculées d'après

$$\lambda = \frac{2 d_n}{n} \sin \varphi$$

et

$$\varphi = \text{arc sin} \frac{n_1 \lambda_1}{2 d_{n_1}} + \frac{b}{a} \left(\text{arc sin} \frac{n_2 \lambda_2}{2 d_{n_2}} - \text{arc sin} \frac{n_1 \lambda_1}{2 d_{n_1}} \right).$$

Ici λ_1 et λ_2 sont relatives à Ni K α_1 et Cr K β_1; j'ai pris $\lambda_1 = 1654{,}505$ et $\lambda_2 = 2080{,}597$ U.X. ([8]); n_1 est égal à 10, n_2 à 8 et n à 2. Les nombres a et b sont les distances respectives de la raie à mesurer et de Cr β_1 à Ni α_1. Pour Al α_1 et α_2, b est très légèrement supérieur à a (extrapolation). Faute de données pour la lame de mica employée, j'ai admis pour les d_n les valeurs dues à A. Larsson ([9]), sans tenir compte de la dispersion anomale ([5]). Cependant les études de Charles Mauguin ([10]) ont montré que les constantes réticulaires prennent des valeurs différentes d'une espèce de mica à une autre. Cette cause d'erreur semble avoir été jusqu'ici négligée par les spectroscopistes. J'ai constaté que les constantes de Larsson permettent de situer Ni K α_1 et Cr K β_1 sur mes spectres avec une précision meilleure que 3′; c'est-à-dire que les constantes de la lame sont égales à celle de la lame de Larsson à mieux que $3 \cdot 10^{-4}$ près ($\varphi \simeq 56°$). On peut montrer que l'erreur correspondante sur $n\lambda$ ne dépasse pas alors $10^{-3} \Delta d$, soit $3 \cdot 10^{-3}$ U.X. pour Al K α_1 et α_2. Ceci, et une détermination de contrôle sur Ni K α_2, donne à croire que cette cause d'erreur est négligeable *dans le cas présent*. L'influence d'une éventuelle modification de la constante réticulaire par courbure ([11]) est comprise dans cette estimation d'erreur. J'ai tenu pour négligeable le *défaut de focalisation* devant la largeur propre et j'ai pointé les maxima d'intensité des raies. Les valeurs ainsi obtenues pour l'aluminium *pur* diffèrent d'environ −0,8 U.X. de celles de Haglund et Siegbahn, et de +1,5 U.X. de celles de Shearer, tandis que le doublet du duraluminium semble déplacé d'environ +1 U.X. par rapport à celui de Al pur. La largeur des émissions entraîne une incertitude de l'ordre de 0,2 U.X. probablement; mais elle n'explique pas les écarts mentionnés.

([7]) *Zeits. f. Phys,*, **102**, 1936, p. 428.
([8]) J. A. Bearden, C. H. Shaw, *Phys. Rev.*, **48**, 1935, p. 18.
([9]) *Dissertation*, Uppsala, 1929.
([10]) *Bull. Soc. Min.*, **51**, 1928, p. 285.
([11]) A. Sandström, *Dissertation*, Uppsala, 1935.

Les sources de ces différences pourraient peut-être se trouver dans diverses influences possibles, parmi lesquelles la nature et la température de l'anticathode, ainsi que la qualité du cristal et les valeurs correctes de sa constante réticulaire et de son indice. Shearer a effectué ses calculs à partir d'une seule raie de référence (Ni Kα_1 ou α_2), à l'aide des constantes de Larsson pour *le mica;* si bien que l'erreur correspondante peut être beaucoup plus forte que dans la méthode d'extrapolation que j'ai choisie. J'ai vérifié que les divergences ne peuvent provenir des différences entre les valeurs adoptées pour les raies de référence.

Si l'on admet le rapport normal 2/1 pour les intensités relatives de α_1 et α_2, mes nombres pour Al pur donnent une longueur d'onde moyenne λ_{moy} 8322,1$_9$ U.X., qui, comparée à celle de Tyren, conduirait à $k_\lambda = 1,0021_1 . 10^{-3}$.

Mais, quoique je n'aie pas encore effectué de mesures photométriques fines, mes spectres, pour des temps de pose différents, et leurs enregistrements microphotométriques semblent indiquer que le rapport des intensités serait inférieur à 2.

Il y aurait peut-être intérêt à tenir compte de certaines de ces remarques pour de nouvelles déterminations de k_λ dont la précision n'est probablement pas tout à fait aussi bonne que l'espéraient quelques auteurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés oxydantes du charbon actif saturé d'air.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que les charbons actifs manifestent souvent, à l'égard de substances réductrices, des propriétés oxydantes nettes, que Cazeneuve signalait dès 1890 (¹). Mais on sait aussi que les phénomènes d'adsorption sont des phénomènes purement physiques, et que les substances fixées sur les adsorbants peuvent être, en grande partie, récupérées.

Il semble donc qu'il y ait une contradiction lorsqu'on dit qu'un charbon actif, qui est un type d'adsorbant, est un oxydant, alors que l'adsorption est purement physique. Il n'en est rien. Toutes les fois que, dans les phénomènes dits d'adsorption, apparaît une réaction chimique, il faut en chercher la cause dans les substances adsorbées elles-mêmes, et non dans les phénomènes d'adsorption proprement dits. Ainsi l'oxychlorure de carbone est adsorbé par le charbon actif, mais, si l'on essaye de le récupérer, on recueille de l'acide chlorhydrique, parce que l'oxychlorure, chlorure d'acide de l'acide carbonique CO^3H^2, a été décomposé par l'eau qui accompagne toujours le charbon actif; et c'est pour cela que le charbon actif humide adsorbe plus de phosgène que le charbon actif partiellement desséché.

(¹) *Comptes rendus*, **110**, 1890, p. 788.

Il est donc infiniment probable que, si le charbon actif agit parfois comme oxydant, c'est en raison de l'air qu'il contient toujours.

Nous avons montré aussi ([2]) que les propriétés magnétiques d'un mélange d'oxygène et de charbon actif varient lentement en fonction du temps et, selon nous, il s'établit un équilibre, à la température ordinaire, entre le support solide et le gaz, en tube scellé; cet équilibre est déplacé par chauffage, et se rétablit par refroidissement.

Écartant toute idée de réaction chimique entre le carbone et l'oxygène, nous avons supposé que l'oxygène fixé par le charbon adsorbant se trouvait dans un état différent de l'état libre, peut-être même à l'état atomique. Il était relativement facile de vérifier cet état activé de l'oxygène. C'est ce que nous avons fait sur des échantillons de charbon actif du même lot que celui que nous avons étudié par voie magnétique, et saturés d'air.

Seize séries d'expériences ont été faites avec différents réducteurs. Toutes ont été concluantes. L'oxygène de l'air fixé sur le charbon est plus oxydant que l'oxygène moléculaire libre. Nous citerons, parmi ces expériences, celles qui nous paraissent les plus significatives, l'oxydation de l'anhydride arsénieux ([3]).

Nous avons préparé deux solutions décinormales d'anhydride arsénieux pur, l'une à réaction légèrement acide, l'autre à réaction alcaline, et nous avons suivi, par titrage à l'iode en milieu bicarbonaté, la variation de la teneur de ces solutions en As^2O^3 en fonction du temps, d'une part sans charbon actif, et d'autre part en présence de charbon actif. La solution alcaline, on le sait, ne se conserve pas; son titre baisse, mais cette baisse est incomparablement plus rapide en présence de charbon actif. La solution acide se conserve bien, et son titre ne baisse qu'en présence de charbon actif.

Mais il y a deux phénomènes concomitants : l'adsorption de l'anhydride arsénieux par le charbon, et son oxydation par l'oxygène l'accompagnant. Pour mettre en évidence les deux phénomènes il suffit de faire un premier dosage de As^2O^3 par l'iode en milieu bicarbonaté après contact de la solution arsénieuse avec le charbon; on passe ensuite en milieu fortement acide, on porte 5 minutes au bain-marie bouillant, puis on ajoute de l'iodure de potassium en léger excès et l'on maintient encore 10 minutes au bain-marie bouillant selon la méthode classique, pour faire repasser à l'état d'anhydride arsénieux tout l'anhydride arsénique que les phénomènes d'oxydation avaient formé. Après refroidissement et élimination de l'iode, libéré par l'hyposulfite en quantité juste suffisante, toujours en milieu acide, on repasse en milieu bicarbonaté, et un deuxième dosage donne le titre de tout l'anhydride arsénieux, oxydé ou non, qui se trouvait dans la solution après avoir supprimé le contact

---

([2]) *Ibid.*, **218**, 1944, p. 832.

([3]) Ce cas a été déjà étudié, mais d'un point de vue différent (J. Delga, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, p. 222; J. Delga et R. de Magoudeaux, *ibid.*, pp. 222-225).

avec le charbon actif : on dispose donc de deux nombres qui, comparés au titre de la solution arsénieuse vierge *au moment de l'expérience*, permettent de mesurer quantitativement l'adsorption et l'oxydation de l'anhydride arsénieux.

Voici quelques-uns des résultats que nous avons obtenus. Précisons que 10^{cm^3} de notre solution arsénieuse acide étaient neutralisés par $0^{cm^3},5$ de soude normale et que 10^{cm^3} de notre solution basique étaient neutralisés par $11^{cm^3},8$ d'acide chlorhydrique normal en présence de phénolphtaléine.

	Milligrammes de As^2O^3 par gramme de											
	charbon en grains.						charbon en poudre.					
Temps en heures.	Milieu basique.			Milieu acide.			Milieu basique.			Milieu acide.		
	A.	O.	T.	A.	O.	T.	A.	O.	T.	A.	O.	T.
5,30	non mesurés		23,5	non mesurés		16,3	non mesurés		33,1	non mesurés		17,2
23	»		31,4	»		23,5	»		56,5	»		17,6
27,30	»		35,1	»		27,7	»		–	»		–
47	»		38,7	»		30,4	»		–	»		–
95,30	»		–	»		–	»		84	»		27,5
119,40	»		42,5	»		33,9	»		–	»		–
884	1,5	51,8	53,3	7,9	42,1	50	1	83	84	3,7	46,1	49,8
8	0	35,1	35,1	12	3	15	4,5	37,4	41,9	9	6	15
288	0	52,2	52,2	11	19,5	30,5	0(?)	63,9	63,9	9	52,5	61,5
675	0	64,9	64,9	5,4	37,7	43,1	4,4	59,5	63,9	16,3	56,4	72,7

A, adsorbés; O, oxydés; T, totaux.

Le phénomène d'oxydation apparaît très nettement; mais, deux grains de charbon ou deux particules de poudre de charbon n'étant jamais identiques, malgré la même origine, il ne faut pas chercher dans les nombres trouvés de relations précises, mais simplement une allure du phénomène, qui est très nette : l'adsorption est plus forte en milieu acide, l'oxydation est plus forte en milieu alcalin.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une préparation de l'oxyde de carbone à la température ambiante.* Note [1] de M. **Léonce Bert**.

A la différence de plusieurs gaz usuels H^2, SH^2, CO^2 etc., qui se préparent à froid, l'oxyde de carbone qui s'obtient soit en réduisant CO^2 par du carbone incandescent, soit en chauffant l'acide oxalique ou mieux formique avec un excès d'acide sulfurique concentré.

Nous avons trouvé une préparation de l'oxyde de carbone commode, rapide et économique, dans l'action, à la température ambiante, de la chlorhydrine sulfurique sur l'acide formique. La réaction se formule



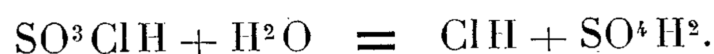
$$(a)\qquad H.CO.OH + SO^3ClH = CO + ClH + SO^4H^2,$$

(1) Séance du 11 septembre 1944.

ClH est retenu par de l'eau, dans laquelle il est très soluble, tandis que CO l'est fort peu.

Pratiquement, à la température et sous la pression ordinaires, on recueille, avec l'acide formique anhydre et même avec les acides industriels à 96-98 %, un nombre de litres d'oxyde de carbone à peu près égal à la moitié du nombre de grammes d'acide formique mis en œuvre. Avec l'acide formique anhydre, la température du mélange des réactifs s'abaisse notablement au-dessous de la température ambiante, pour peu qu'on produise un rapide dégagement gazeux (nous avons observé par exemple, au cours d'une expérience, une baisse de 27 à 12°, soit une chute de 15°). C'est, croyons-nous, la première fois qu'on signale un abaissement de température lors de la combinaison de la chlorhydrine sulfurique avec l'eau; il est vrai qu'il s'agit ici d'eau non point libre, mais en puissance dans la molécule d'acide formique.

Avec de l'acide formique industriel à 96-98 %, il faut augmenter la quantité de chlorhydrine voulue par l'équation ci-dessus, de celle nécessaire à la combinaison des 2-4 % d'eau contenus :



$$SO^3ClH + H^2O = ClH + SO^4H^2.$$

Il y a ici léger échauffement et dégagement de ClH seul, après quoi la réaction se poursuit comme avec l'acide formique anhydre.

Appareil. — L'équation (a) fixe les dimensions du générateur en fonction du volume de gaz désiré.

On prend pour générateur un récipient quelconque [2] obturable par un bouchon percé de deux trous traversés, l'un par un tube abducteur, l'autre par la tige capillaire (ou étirée en pointe capillaire) d'une ampoule à brome. Il convient que cette tige soit longue d'au moins 20^{cm}.

Mode opératoire. — Introduire l'acide formique dans le générateur sec et la chlorhydrine dans l'ampoule à brome sèche, en ayant bien soin d'en remplir la tige. Faire tomber SO^3ClH dans HCO^2H en réglant la vitesse d'affusion sur celle du débit gazeux.

Si l'on recueille l'oxyde de carbone sur la cuve à eau, pour des expériences de cours par exemple, on arrête ClH par un laveur à eau disposé avant la cuve quand celle-ci est en bois revêtu de zinc. On recueille directement, si la cuve est constituée par une terrine en grès ou un cristallisoir en verre.

Pour d'autres usages on élimine ClH par de l'eau et on sèche ensuite s'il y a lieu.

---

[2] Flacon, flacon de Woolf, ballon, fiole d'attaque, erlenmeyer, fiole cylindro-conique etc. Avec un ballon à distiller ou une fiole pour filtrer à la trompe, la tubulure latérale tient lieu du tube abducteur précédent et il suffit d'un bouchon à un trou pour supporter l'ampoule à brome.

La chlorhydrine sulfurique coûte trois fois plus cher que l'acide sulfurique à 66° Bé, mais on l'utilise intégralement et on récupère de l'acide sulfurique à 100 %. De plus, en retenant ClH par de l'eau distillée, on a de l'acide chlorhydrique pur. On fait en outre l'économie de calories et l'on est délivré de la sujétion du maintien de la température à 70-80° exigé par le procédé habituel. Enfin ni mousse ni absorption ne sont à craindre.

PHYSIOLOGIE. — *Application de l'analyse chronaximétrique à l'étude des vitamines du groupe* B. Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

L'analyse chronaximétrique, bien codifiée [1], permet de chiffrer les variations de l'excitabilité neuromusculaire, reflet exact des troubles métaboliques tissulaires. Grâce à l'emploi d'un appareillage simple, pouvant être branché directement sur le secteur [2], il est aisé de déceler, avant l'apparition des signes cliniques, les premières atteintes neuromusculaires des sujets avitaminés ou recevant des rations déséquilibrées. Ayant préalablement mis en évidence l'action antialcalosique des vitamines C et D et l'action antiacidosique de l'association aneurine-riboflavine-nicotinamide-adénine [3], nous nous sommes proposé d'étudier les vitamines du groupe B et leur action séparée et conjointe sur le système neuromusculaire de Rats et Pigeons soumis à des régimes uniquement privés de ces vitamines. Déjà nous avions montré que, par voie buccale, les vitamines B_1 et B_2 pures ne sauraient prétendre à elles seules représenter le complexe B et que la nicotinamide exerce une action complémentaire non négligeable, mais insuffisante [4].

Utilisant les mêmes régimes d'avitaminose B globale que précédemment, nous avons pu constater que la simple addition d'adénine, de même que l'addition d'aneurine ou de nicotinamide, empêche chez le Pigeon l'apparition d'une phase d'allongement des temps d'excitation nerveuse, avec raccourcissement des temps d'excitation musculaire, survenant entre le 3e et le 12e jour en l'absence de toute addition (ou en présence de la seule riboflavine). Très curieusement d'ailleurs, cette phase réapparaît, un peu retardée, quand les quatre substances sont ajoutées ensemble; dans tous les cas, elle est suivie d'une phase inverse comportant raccourcissement des temps d'excitation nerveuse et allongement des temps d'excitation

---

(1) P. Chauchard, *Rev. scientifique*, 79, 1941, p. 620; *Conf. Assoc. Trav. scientifiques*, avril 1945.

(2) P. Chauchard et R. Lecoq, *Soc. Pharm.*, 6 juin 1945; *Ann. Biol. clin.*, 3, 1945. p. 171.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 9 juin 1945.

(4) R. Lecoq, P. Chauchard et Mme H. Mazoué, *Comptes rendus*, 208, 1944, p. 946.

musculaire; mais la protection contre les troubles neuromusculaires ne dépasse pas 15 jours.

Chez le Rat la phase d'augmentation des temps d'excitation nerveuse, qui n'apparaissait qu'avec la riboflavine, ou le mélange aneurine-riboflavine-nicotinamide, ne se manifeste en présence ni de l'adénine, ni de la nicotinamide, ni des quatre substances associées. Dans ce dernier cas la protection contre l'apparition des troubles neuromusculaires peut atteindre un mois du fait de l'addition complémentaire d'adénine.

Confrontant les résultats obtenus chez le Pigeon et chez le Rat, nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à donner au Pigeon une ration plus riche en matières grasses; de fait le régime B de Randoin et Lecoq (5) permet à l'association des quatre substances d'exercer une prévention sensiblement plus longue des troubles neuromusculaires et même, quand ceux-ci sont installés, une correction par le carbonate acide de sodium, en raison du caractère acidosique de la perturbation humorale en jeu (6).

Cette constatation nous conduisit à essayer, chez le Pigeon soumis au régime B, l'adjonction d'acide pantothénique aux quatre autres substances, ce mélange, introduit par voie intraveineuse, exerçant chez le Lapin une action alcalinisante entraînant une montée de la réserve alcaline (7). L'action complémentaire de l'acide pantothénique (sous forme de pantothénate de calcium) se montra remarquable, les chronaxies nerveuses et musculaires se trouvant corrigées en 4 à 5 jours, lorsqu'elles étaient perturbées, où se maintenant normales toute la durée des expériences (dépassant un mois et demi). Il n'en fut pas de même pour le Rat, chez qui l'adjonction d'acide pantothénique n'apporte pas d'amélioration sensible. Soupçonnant l'intervention d'un équilibre défectueux de la ration, nous avons supprimé de nos régimes l'ovalbumine purifiée, dont la présence aboutit à la production, chez le Rat, de manifestations d'avitaminose H (observations inédites de R. Lecoq). Dès lors les résultats se révélèrent aussi durables que chez le Pigeon et, chez ce dernier, le régime classique d'avitaminose B (sans ovalbumine), complété par le mélange aneurine-riboflavine-nicotinamide-adénine-acide pantothénique, ne produisit plus de troubles neuromusculaires. Ces observations éclairent le problème des vitamines B et spécialement l'importance de la vitamine B_3 que l'un de nous considérait comme identique aux vitamines dites B_4 et B_5 et formé par l'association de nicotinamide et d'adénine (8).

---

(5) L. RANDOIN et R. LECOQ, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 444.

(6) Dans ces conditions le carbonate acide de soddium est sans effet chez le Rat.

(7) R. LECOQ, *C. R. Soc. Biol.*, 23 juin 1945.

(8) R. LECOQ, *Journ. biol. Chem.*, **91**, 1931, p. 671; *Presse Méd.*, **44**, 1936, p. 2060 et *Publication du Centre de perfectionnement technique*, 1940, n° **609**.

Conclusions. — Contrôlés par la méthode chronaximétrique, les troubles de l'excitabilité neuromusculaire dus à l'avitaminose B globale cèdent entièrement (chez le Pigeon comme chez le Rat) à l'action par voie buccale du mélange aneurine-riboflavine-nicotinamide-adénine-acide pantothénique. Il importe toutefois d'écarter des rations utilisées pour la production de ces troubles, l'ovalbumine, facteur de révélation de l'avitaminose H.

Ces cinq fractions du complexe B s'opposent aux perturbations métaboliques acidosiques de l'avitaminose B [9], par leur intervention dans le mécanisme des oxydoréductions, à la manière de substances alcalinisantes *spécifiques*.

Si l'on conserve à l'aneurine et la riboflavine les noms de vitamines B_1 et B_2, il conviendrait de réserver aux suivantes, également bien définies, les noms de vitamines B_3 (nicotinamide), B_4 (adénine) et B_5 (acide pantothénique).

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle interprétation théorique des mesures de viscosité des sérums sanguins.* Note de M. **Max Viscontini**.

Einstein [1] a montré théoriquement que la viscosité spécifique d'une solution est une fonction linéaire de la concentration du corps dissous ou dispersé dans le solvant. On peut arriver facilement à ce résultat en admettant que, dans une solution ou une suspension, les particules dispersées n'agissent que par leur nombre. A un accroissement dc de la concentration en particules correspond un accroissement $d\eta$ de la viscosité absolue. Il suffit d'écrire

$$d\eta = \mathrm{K}.dc, \tag{1}$$

pour aboutir à l'équation

$$\frac{\eta}{\eta_0} - 1 = \mathrm{K}.c. \tag{2}$$

Malheureusement les résultats expérimentaux ne cadrent généralement pas avec cette équation linéaire, surtout dans le cas des solutions de protéines. Cependant les difficultés qui surgissent lorsqu'on veut interpréter les mesures de viscosité peuvent être levées en partie si l'on admet qu'il existe des forces de liaison agissant entre les particules au sein de la solution. Ces dernières n'agissent donc plus par leur seul nombre, mais par leur action mutuelle et l'équation (1) devient

$$d\eta = k.dc + \mathrm{A}.c.dc,$$

ce qui donne finalement

$$\frac{\eta}{\eta_0} - 1 = kc + \alpha c^2. \tag{3}$$

---

(9) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 958.

(1) *Ann. Physik*, **19**, 1906, p. 289; **34**, 1911, p. 591.

Dans cette nouvelle équation k représente l'ancien coefficient de proportionnalité de l'équation (2) et possède la même signification, tandis que α est un nouveau coefficient qui dépend des forces de liaison de la solution. L'équation (3) peut s'écrire

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0 c} = k + \alpha c. \tag{4}$$

Sous cette forme on voit que $(\eta - \eta_0)/\eta_0 c$ doit être une fonction linéaire de c. Je l'ai vérifié expérimentalement par la méthode graphique qui présente l'avantage de donner immédiatement k et α avec une erreur qui n'excède certainement pas 10 % dans les cas les plus défavorables.

Les valeurs trouvées pour ces deux coefficients en étudiant huit sérums sanguins de Chevaux normaux, ont été réunies dans le tableau suivant

Sérum....	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
α.......	76	50,0	63,0	76,0	63,0	84,0	68,0	75,0
k.......	5,0	6,0	5,2	5,0	5,6	4,7	5,0	4,1

Voici d'autre part, à titre d'exemple, les valeurs des viscosités relatives de quatre de ces sérums à des dilutions variables;

1° mesurées dans un viscosimètre de Hoppler (²);

2° calculées à partir des coefficients k et α [équation (3)].

	Viscosité relative							
Sérum...	I.		III.		IV.		VIII.	
Dilution du sérum.	Mes.	Calc.	Mes.	Calc.	Mes.	Calc.	Mes.	Calc.
1/5....	1,107	1,107	1,094	1,094	1,118	1,107	1,095	1,096
2/5....	1,271	1,258	1,223	1,218	1,254	1,258	1,221	1,224
3/5....	1,457	1,453	1,371	1,371	1,456	1,453	1,393	1,400
4/5....	1,695	1,691	1,550	1,553	1,701	1,691	1,619	1,619
5/5....	1,977	1,974	1,763	1,765	1,976	1,974	1,893	1,882

On voit que l'accord entre ces différents chiffres est parfait.

Tout sérum sanguin est donc caractérisé par deux coefficients k et α; si l'on admet que le coefficient k se rattache à la forme des molécules, comme semblent le démontrer de nombreux travaux théoriques, et que le coefficient α est fonction des forces de liaison, les modifications de structures dont les sérums sanguins sont le siège peuvent être étudiées par l'intermédiaire de ces deux coefficients, ainsi que j'ai pu le vérifier sur de nombreux sérums humains normaux ou pathologiques.

(²) *Chemiker Zeitung*, 1933, p. 62.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation directe de l'acide ascorbique par la laccase.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La connaissance de l'acide ascorbique étant relativement récente, la notion de son oxydabilité *in vivo* par un système diastasique n'est mentionnée dans la littérature scientifique que depuis 1931 ([1]). La découverte, par Keilin et Mann ([2]), de l'oxydation, *in vitro*, de l'acide ascorbique par le système pyrocatéchol + catécholoxydase, avait remis en question la notion d'une acide ascorbique-oxydase, que récemment Diemar et Zerban ([3]) ont réussi à mettre en évidence d'une façon indiscutable. La catécholoxydase, dont le pH optimum d'action est de 7,3, est d'une spécificité très étroite, puisqu'elle n'oxyde que les *o*-diphénols, sans pouvoir oxyder les para, et se montre incapable d'une action directe sur l'acide ascorbique, quoique ce dernier, sous forme réduite, par ses deux hydroxyles énoliques en ortho, se rapproche chimiquement beaucoup des *o*-diphénols. On pouvait se demander s'il en était de même avec la première oxydase qui fut découverte, la laccase ([4]). Cette dernière, ainsi que l'avait montré Gabriel Bertrand ([5]), oxyde non seulement les *o*-diphénols et les *o*-phénylènediamines, mais aussi les para, avec un pH optimum de 6,7 dans le premier cas et de 6,25 à 6,35 dans le second ([6]). Or, quand on fait l'essai, par une microméthode ([7]), de l'activité d'une préparation de laccase ne contenant pas de composés phénoliques ([8]) sur une solution d'acide ascorbique ([9]), on constate que ce dernier est directement oxydé, avec un pH optimum de 6,7, retrouvant ainsi l'analogie chimique signalée plus haut avec les *o*-diphénols. La courbe d'activité en fonction de l'acidité du milieu, en forme de cloche, met en évidence une très grande sensibilité aux variations de pH, puisque à pH 7,0 ou à pH 6,3, l'activité est déjà diminuée de moitié par rapport à l'activité maximum; cette sensibilité décroît ensuite, la laccase étant encore un peu active à pH 8 ou à pH 3,8.

La laccase se montre ainsi différente de l'acide ascorbique-oxydase de Diemar et Zerban ([3]), isolée à partir de *Cucumis sativus* (L.) et de

---

([1]) Szent-Györgyi, *J. Biol. Chem.*, 90, 1931, p. 385.

([2]) *Proc. Royal Soc.*, B, 125, 1938, p. 187.

([3]) *Biochem. Z.*, 316, 1944, p. 189.

([4]) Gabriel Bertrand, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1894, p. 717.

([5]) *Comptes rendus*, 122, 1866, p. 1132.

([6]) Didier Bertrand, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945 (sous presse).

([7]) Didier Bertrand, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 26, 1944, p. 45.

([8]) Ou d'une préparation dont le laccol (*o*-diphénol de la laque) est oxydé, ce qui revient quantitativement au même, ainsi que les mesures me l'ont prouvé.

([9]) Cet essai se fait en mesurant, en milieu fortement tamponné, la quantité d'oxygène absorbé, à température constante, pendant un temps donné, pour une certaine quantité de laccase, l'acide ascorbique étant en excès.

Cucurbita pepo (L.), puisque cette dernière oxydase a son pH d'activité maximum à 6.

En outre l'activité de la laccase en tant qu'acide ascorbique-oxydase est considérable : la préparation la plus pure obtenue jusqu'ici [7], mesurée en unités de Diemar et Zerban, est de plus du double de la préparation, pourtant exceptionnellement active, de ces auteurs. Un tel fait, si l'on se rapporte à un travail antérieur de ces savants [10], a une signification biologique considérable. Une technique utilisée par eux leur permet de séparer, dans une plante déterminée, de l'activité oxydasique globale sur l'acide ascorbique, la fraction qui revient à leur acide ascorbique-oxydase. Ces auteurs ont ainsi montré que, si l'on excepte *Cucurbita pepo* (L.), *Petrosel. sat.* Hoffm. et les fruits verts de *Phaseolus vulg.* (L.), dans tous leurs essais l'activité oxydasique sur l'acide ascorbique due à leur diastase est très inférieure à l'activité oxydasique globale sur l'acide ascorbique; le restant de l'activité est attribuable par suite à un autre facteur diastasique. Or Gabriel Bertrand [11] avait montré, il y a déjà longtemps, la présence générale de laccase chez les végétaux, ce qui permet de dire que *in vivo* l'oxydation de l'acide ascorbique est beaucoup plus souvent réalisée par la laccase que par l'acide ascorbique-oxydase de Diemar et Zerban ou que par un des systèmes oxydasiques tels que *o*-diphénol-catécholoxydase ou flavone-peroxydase-eau oxygénée, dont la présence générale chez les végétaux n'a pas été démontrée.

En conclusion, dans le système oxydasique suivant, qui est très fréquent chez les végétaux,

Substrat + déshydrogénase + acide ascorbique + oxydase de l'acide ascorbique + O^2,

l'oxydase est le plus souvent la laccase, trop oubliée jusqu'ici, et non l'acide ascorbique-oxydase de Diemar et Zerban, peu répandu, ni le système *o*-diphénol + catécholoxydase de Keilin et Mann, dont la présence générale n'a pas été prouvée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Insolubilité des euglobulines du sérum dans l'eau et délipidation.* Note de MM. **Jean Roche** et **Yves Derrien**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'hypothèse selon laquelle l'insolubilité dans l'eau des euglobulines sériques relèverait plus des combinaisons lipidiques contractées par elles que d'une propriété tenant à la nature de ces protéines, distinctes à cet égard des pseudoglobulines solubles dans l'eau, a été depuis longtemps formulée (Hardy, Chick et Martin). Il nous a paru qu'il y avait

---

[10] *Biochem. Zeits.*, 316, 1944, p. 335.

[11] *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1895, p. 1095.

lieu d'en contrôler l'exactitude, bien que les résultats des travaux de Hartley (1), de M. Machebœuf et F. Tayeau (2) lui paraissent favorables.

Dans une première série de recherches nous avons soumis à la dialyse deux échantillons d'une préparation d'euglobulines (mélange des fractions P_I, P_{II} et P_{III} de A. Green) (3), obtenue par électrodialyse d'un sérum de Cheval, après avoir délipidé l'un d'eux par la méthode de G. Blix (4) (acétone-éther à — 14°). Les volumineux précipités apparus dans les dialyseurs ne représentent, après trois jours, que 63 % des protéines mises en œuvre dans l'un comme dans l'autre cas, l'euglobuline P_I demeurant en solution au pH du milieu en fin d'expérience (pH 6,3). La délipidation selon Blix ne modifie donc pas le caractère d'insolubilité dans l'eau des euglobulines.

De tels résultats ne résolvent cependant pas entièrement le problème, car la technique de Blix, comme celles de Piettre, d'Adnot et de Saias dont elle dérive, n'arrache aux protéines que 80 % des lipides auxquels elles sont liées. Or les lipides demeurant alors dans les complexes sériques sont essentiellement constitués par des phospholipides (céphalines) (3) auxquels certains auteurs attribuent l'insolubilité dans l'eau des euglobulines (Went et collaborateurs, F. Tayeau) (5). C'est pourquoi nous avons répété nos expériences en dialysant pendant quatre jours contre de l'eau distillée les protéines d'un sérum de Cheval totalement délipidées selon la technique classique d'Hardy et Gardiner (alcool-éther anhydre à — 10°). Dans ces conditions, le contenu des dialyseurs (dont le pH est en fin d'opération supérieur à 6,0) demeure homogène, mais l'acidification des solutions dialysées y provoque une précipitation atteignant son intensité maxima à pH 5,0-5,2 et portant alors sur environ 33 % des protéines totales du sérum. Celui-ci paraît donc, après délipidation complète, être dépourvu des euglobulines P_{II} et P_{III} précipitant à pH 6,2-6,5 par dialyse ou par simple dilution avant l'extraction des lipides. Par contre il renferme alors, en proportion anormalement élevée, des constituants protéiques précipitables par dialyse et acidification et répondant à la définition classique des euglobulines.

La confrontation des courbes de solubilité, dans un milieu de concentration croissante en un mélange équimoléculaire de phosphates mono- et dipotassique de pH 6,5, établies à 25° sur la fraction protéique précipitant du sérum totalement délipidé à pH 5,2, sur les protéines totales

---

(1) *Brit. Journ. of exper. Pathol.*, 6, 1915, p. 180.
(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 23, 1941, p. 49.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1108.
(4) *Journ. biol. Chem.*, 137, 1941, p. 495.
(5) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 26, 1945, p. 133.

de celui-ci et sur le sérum non délipidé permet, dans une certaine mesure, d'interpréter les résultats obtenus. Les modifications subies par les protéines sériques au cours de leur délipidation par la méthode d'Hardy et Gardiner sont de même nature, mais beaucoup plus accentuées que celles consécutives à la même opération réalisée par le procédé de Blix [6]. Le taux d'un des constituants globuliniques de faible solubilité (fraction I_{IV}) s'accroît alors jusqu'à atteindre 30 % des protéines totales et, en compensation, celui des albumines diminue notablement (15 % des protéines totales). La fraction I_{IV}, correspondant vraisemblablement à un complexe globulino-albuminique, représente près de 50 % des protéines précipitées par dialyse et acidification du sérum délipidé, lesquelles renferment en outre des constituants que leur courbe de relargage et leur insolubilité dans l'eau pure à pH 5,0 permettent d'identifier à l'euglobuline P_I de Green [7].

Dès lors les hypothèses de travail suivantes paraissent devoir être formulées en conclusion des résultats de nos recherches. La délipidation totale du sérum (méthode d'Hardy et Gardiner) entraîne la formation d'un complexe protéido-protéidique renfermant une partie importante des albumines et la totalité des euglobulines P_{II} et P_{III} de Green (β- et γ-euglobulines respectivement de pH_i 5,0 et 6,2) [3], [8]. En milieu aqueux pur et à pH 5,0-5,2, ce complexe, alors à l'état isoélectrique comme l'euglobuline P_I (pH 5,0), précipiterait avec cette dernière, dont la délipidation ne modifie pas les caractères de solubilité.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence des sels de potassium sur la sporulation de* Welchia perfringens (*Veillon et Zuber*) *P. Importance de la constitution des acides combinés au métal alcalin.* Note de MM. **Jean Régnier**, **André-Romain Prévot** et Mlle **Suzanne Lartigaud**, présentée par M. René Souèges.

La sporulation ou la non-sporulation des Bactéries a une importance capitale pour la connaissance de leur physiologie, de leur morphologie et de leur classification. Pour certaines d'entre elles la sporulation se manifeste spontanément, pour d'autres, elle est plus difficile à mettre en évidence (*Clostridium butyricum, Cl. fallax*), ou ne se montre que dans certaines conditions (*Bacillus anthracis*). Pour d'autres enfin, elle est très rarement observée et apparaît dans des conditions dont le déterminisme est totalement inconnu. C'est le cas de *W. perfringens* dont la sporulation est certaine, a été observée et photographiée, confirmée jour-

(6) J. Roche et Y. Derrien, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1945 (sous presse).
(7) J. Roche, Y. Derrien et S. Mandel, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 634.
(8) P. Svensson, *Journ. biol. Chem.*, 139, 1941, p. 805.

nellement par la thermorésistance de 2 minutes à 100°, mais ne se montre qu'exceptionnellement. Or *W. perfringens* est un agent pathogène très fréquent, provoquant des infections graves, souvent mortelles (gangrènes, appendicites, septicémies, etc.), et il y avait intérêt, pour hâter le diagnostic bactériologique et le traitement spécifique, à pouvoir mettre rapidement en évidence sa spore clostridienne.

Nous reportant aux essais de P. Bordet sur le rôle des ions calciques qui inhibent la sporulation de la Bactéridie charbonneuse ([1]), nous eûmes l'idée de mettre en expérience, par opposition aux ions alcalinoterreux qui diminuent la perméabilité des cellules vivantes, les ions alcalins qui l'augmentent ([2]).

D'autre part, sachant, depuis les travaux de l'un de nous et de ses collaborateurs, poursuivis avec les sels de certains alcaloïdes ([3]), avec ceux de certaines matières colorantes basiques ([4]), avec ceux d'ammoniaque ([5]), que l'acide combiné à la base avait une grande importance, nous avons fait agir différents sels de potassium.

Nous partions de cultures récentes de *W. perfringens* que nous repiquions en bouillon-viande-foie glucosé à 2 °/₀₀, additionné d'une solution de titre connu du sel de potassium, placé en tubes de Hall, avec bille obturatrice, l'ensemble étant stérilisé à l'autoclave. Après séjour de 1 à 4 jours à 37°, nous examinions, après coloration, s'il y avait absence ou présence de spores.

Les différents sels utilisés n'ont pas tous donné de bons résultats et, dans les cas favorables, la sporulation a varié selon le taux du sel.

Avec les citrates mono- et dipotassique, de $0^g,05$ à 5^g % : très rares spores pour certaines souches. Avec les sulfates mono- et dipotassique, de $0^g,20$ à 1^g % : quelques spores pour les mêmes souches. Avec le chlorure de potassium : même résultat qu'avec les sulfates.

Avec le sulfocyanure de potassium, de $0^g,005$ à $0^g,02$ % : quelques spores pour les mêmes souches.

Avec les phénylpropionate et phénylbutyrate de potassium, de $0^g,001$ à 1^g %, spores extrêmement nombreuses pour les souches étudiées plus haut, quelques spores pour les autres souches.

Conclusions. — 1° Les sels de potassium permettent la sporulation de

---

(1) P. Bordet, *Ann. Inst. Past.*, 45, 1930, p. 26.

(2) Voir le livre de E. Gellhorn et J. Régnier, *La perméabilité en physiologie et en pathologie générale*, Paris, 1936; notamment pp. 112, 223, 230, 461.

(3) J. Régnier et R. David, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1428; J. Régnier, R. David et R. Delange, *ibid.*, 202, 1936, p. 591; *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 1937, 1938, 1939, 1943, 1944.

(4) S. Bazin, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 183.

(5) J. Régnier, S. Lambin et M. Dubost, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 465.

W. perfringens à des taux voisins de quelques centigrammes ou de quelques décigrammes pour 100^{cm^3} de milieu ([6]).

2° Les sels de potassium formés d'acides sans groupements polaires (phénylpropionate, phénylbutyrate) donnent une proportion souvent extrêmement élevée de spores. Au contraire les sels de potassium à acides chargés de groupements polaires (citrate monobasique et citrate bibasique) ne permettent la sporulation que de quelques très rares Bactéries. Nous retrouvons donc, là encore, la sensibilité de la matière vivante à la constitution de l'acide, indifférente ou polaire, du sel mis en expérience.

La séance est levée à 15^h35^m. A. Lx.

([6]) Au cours de notre expérimentation, nous avons eu connaissance de la Note de F. W. Fabian et C. S. Bryan (*J. of Bact.*, 26, 1933, p. 543) sur la sporulation des Microbes aérobies du groupe *B. subtilis* sous l'influence des chlorures de divers cations.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1945.

De la Mécanique ondulatoire à la théorie du noyau, Tome II, par Louis de Broglie. Paris, Hermann et Cie, 1945; 1 vol. 25^{cm}, 5.

Les livres de nature. *Les Scorpions,* par Lucien Berland. Paris, Éditions Stock, 1945; 1 vol. 19^{cm} (présenté par M. L. Fage).

Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances, par Selman A. Waksman. New-York, The Commonwealth Fund, 1945; 1 vol. 24^{cm}.

Faune de l'Empire français. III. *Coléoptères Scarabéides de l'Indochine.* Première partie, par Renaud Paulian. Paris, Librairie Larose, 1945; 1 vol. 28^{cm} (présenté par M. L. Fage).

International Journal of Sex-Economy and Orgone-Research. Official Organ of the International Institute for Sex-Economy and Orgone-Research, by Wilhelm Reich. Volume 2, tome 1. New-York, Orgone Institute Press, 1943; 1 vol. 25^{cm}.

Commission technique des États et propriétés de surface des métaux. *Études sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages. Relations avec les modes d'élaboration et de transformation de ces alliages.* Paris, Éditions du Comité général d'organisation des industries mécaniques, 1944; 1 vol. 27^{cm} (hommage de M. A. Portevin).

Publications scientifiques de l'Institut géographique national. Publication n° 1. *La géométrie des sphéroïdes à l'usage des ingénieurs géographes.* Premier fascicule. *Introduction à la géométrie des Sphéroïdes. Géométrie à deux dimensions sur une surface,* par Jean Laborde. Paris, Institut géographique national, 1944; 1 vol. 27^{cm}.

Commission géologique de la Suisse 1/25 000. Feuille : *Diablerets* sur la base topographique des feuilles : 477 bis *Chamossaire*; 478 *Pillon*; 479 *Gryon*; 480 *Anzeindaz*, avec annexes des feuilles 475 *Aigle* et 476 *Bex.* (Feuille 19 de l'Atlas). *Notice explicative*, par Maurice Lugeon. Berne, A. Francke, 1940; 1 fasc. 21^{cm}, 5.

Atlas géologique de la Suisse 1/25 000. Feuille : *Diablerets* sur la base topographique de la carte Siegfried. Feuilles 477 bis *Chamossaire;* 478 *Pillon*; 479 *Gryon*; 480 *Anzeindaz* avec annexes des feuilles 475 *Aigle* et 476 *Bex.* Levé géologique par Maurice Lugeon, 1911-1939. N° 19, 1940; 1 pl. $65^{cm} \times 97^{cm}$, 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation des décrets en date des 28 juin et 3 juillet 1945, portant approbation des élections que l'Académie a faites de M. **René Leriche** pour occuper dans la Section de Médecine et Chirurgie la place vacante par le décès de M. *Jean-Louis Faure*, et de M. **Léon Bertrand** pour occuper dans la Section de Minéralogie la place vacante par le décès de M. *Lucien Cayeux*.

Il est donné lecture de ces décrets.

Sur l'invitation de M. le Président, MM. **René Leriche** et **Léon Bertrand** prennent place parmi leurs Confrères.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Illécébracées. Développement de l'embryon chez le* Polycarpon tetraphyllum *L.* Note de M. **René Souèges**.

Les lois qui président au développement de l'embryon chez le *Polycarpon tetraphyllum* offrent une netteté et une fixité vraiment remarquables. Elles se prêtent à une définition très précise et permettent de se rendre compte, avec la plus grande exactitude, de la filiation des blastomères à toutes les étapes de l'embryogenèse. Elles fournissent, par là, des bases d'une sûreté parfaite pour toutes discussions d'embryologie comparée ; elles mettent tout particulièrement en lumière des rapports dont la phylogénie pourra tirer les plus grands profits.

Aux dépens du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), il s'édifie d'abord une tétrade linéaire *première* (*fig.* 2) dont les deux cellules inférieures, issues de la cellule basale, *cb*, ne subissent pour ainsi dire plus de nouvelles divisions et donnent les deux éléments les plus inférieurs du suspenseur. Les deux cellules supérieures, *cc* et *cd*, contribuent seules à la construction du corps embryonnaire. Par bipartitions, elles produisent une tétrade linéaire *seconde* constituée par les quatre éléments supérieurs, *l*, *l'*, *m* et *ci*, du proembryon hexacellulaire (*fig.* 3).

L'élément *l*, par cloisons verticales cruciales, se partage en deux (*fig.* 8 à 12), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 13 à 15). Celles-ci prennent plus tard des cloisons tangentielles qui séparent, vers l'extérieur, les quatre initiales de l'épiderme de la tige, vers l'intérieur, les quatre initiales de l'écorce du même organe (*fig.* 16 à 19). Plus tard ces initiales, après un début de fonctionnement engendrent un massif cellulaire qui, dans l'embryon,

atteint une étendue très limitée (*l*, *fig.* 20 à 24). Le blastomère *l*, en somme, se comporte comme une cellule épiphysaire, dont l'origine aux dépens de l'oospore est tout à fait comparable à celle de l'épiphyse du *Sagina procumbens* (¹).

L'élément *l'* donne naissance à la fois à la partie cotylée proprement dite et à la partie hypocotylée, c'est-à-dire à la masse presque totale de l'embryon. Il produit d'abord quatre cellules circumaxiales (*fig.* 4 à 10), qui, se divisant par cloisons tangentielles, individualisent définitivement le dermatogène à l'extérieur (*de*, *fig.* 11, 12). Les cellules intérieures

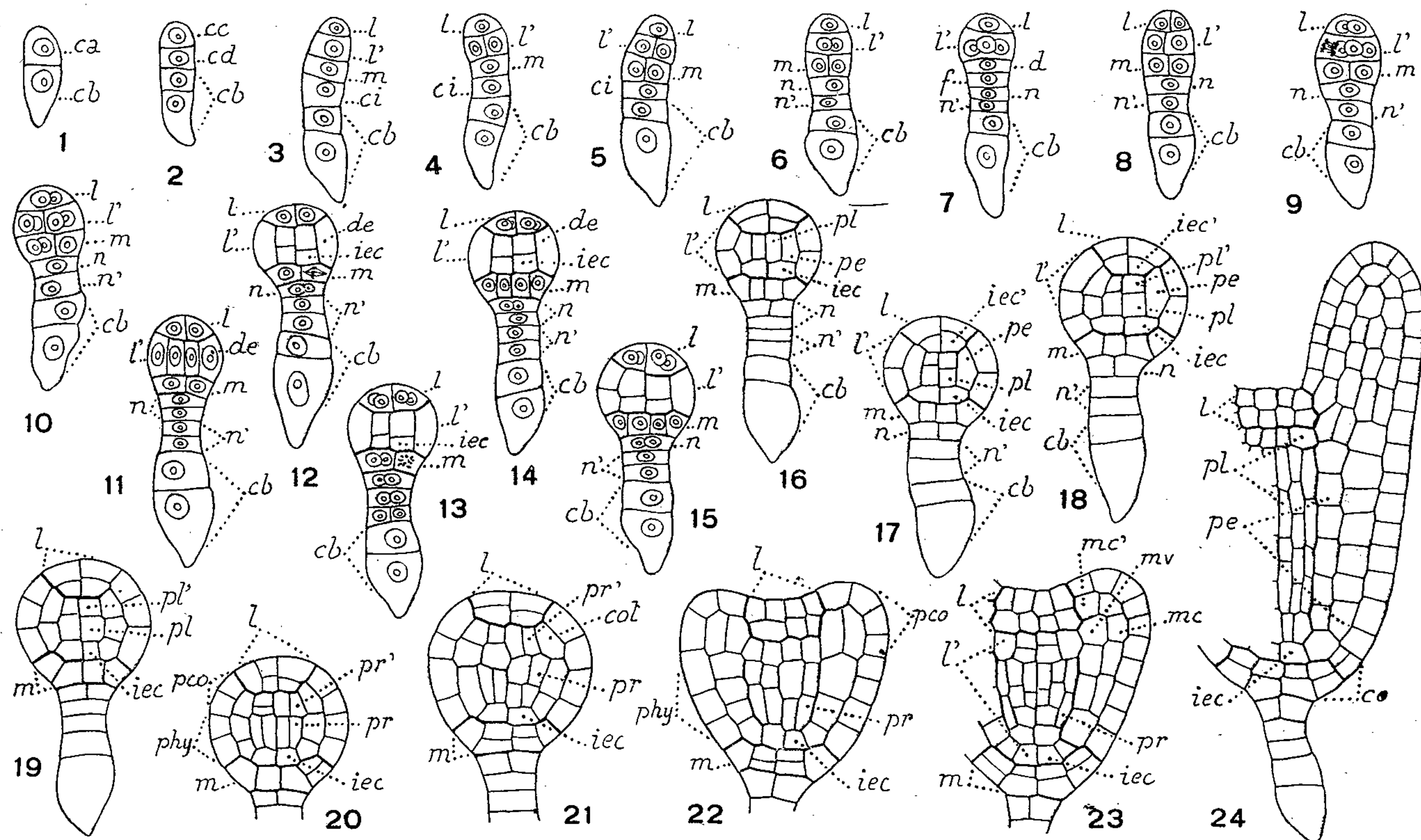


Fig. 1 à 24. — *Polycarpon tetraphyllum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *l*, cellule-fille supérieure de *cc* ou épiphyse; *l'*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en dérive; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou portion médiane de la coiffe; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr* et *pr'*, péricycle de la racine et de la tige; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pco*, partie cotylée; *phy*, partie hypocotylée; *cot*, cellule-mère du cotylédon; *mv*, méristème vasculaire, *mc* et *mc'*, méristème cortical externe et interne du cotylédon; *co*, coiffe. G. = 320.

se partagent ensuite, par des parois transversales, en deux éléments superposés (*fig.* 12 à 15) : l'élément inférieur représente l'une des initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*iec*, *fig.* 11 à 14); l'élément supérieur se segmente verticalement (*fig.* 16) pour donner extérieurement, sous l'épiderme, une cellule de périblème, *pe*, et intérieurement, du côté de l'axe, une cellule de plérome, *pl*. Un peu plus tard les cellules de plérome d'abord (*fig.* 17), puis les cellules de périblème (*fig.* 18) prennent des cloisons, transversales ou anticlines, séparant, vers le haut, des éléments qui entrent dans la construction de la partie cotylée proprement dite, vers le bas, des éléments qui feront partie de l'hypocotyle. Ces deux régions se montrent bientôt nettement séparées par un plan équatorial et représentent, pour la plus grande part, les deux hémisphères, supérieur et inférieur, de l'embryon proprement dit (*pco* et *phy*, *fig.* 20). Les cellules de plérome, dans les deux hémisphères,

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, **175**, 1922, pp. 700 et 894; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **71**, 1924, p. 590.

par segmentations verticales, isolent extérieurement les premiers éléments du péricycle (*pr'*, *pr*, *fig.* 20 à 23). Des cloisons transversales peuvent parfois précéder les parois longitudinales. Les éléments adjacents à l'axe constituent les initiales du méristème vasculaire de la racine et de la tige; au-dessus des initiales de l'écorce, à l'extrémité radiculaire, et au-dessous de l'épiphyse, du côté de la tige (*fig.* 23), ils se divisent, selon la règle générale, c'est-à-dire transversalement en direction toujours centrifuge, les éléments détachés vers le centre prenant seulement des cloisons verticales. Les cellules de périblème, dans la partie cotylée (*cot*, *fig.* 21), par divisions longitudinales (*fig.* 22), puis transversales (*fig.* 23), donnent naissance au méristème vasculaire, *mv*, et au méristème cortical externe et interne, *mc* et *mc'*, du cotylédon.

L'élément *m* de la tétrade seconde (*fig.* 3) engendre la partie médiane de la coiffe. Il produit, comme *l'*, quatre cellules circumaxiales (*fig.* 6 à 10) qui, à la suite de nouvelles parois verticales, se convertissent en une assise de huit à douze éléments dont quatre sont toujours nettement visibles dans les coupes longitudinales axiales (*fig.* 14 a 19). Ces éléments se segmentent ensuite tangentiellement (*fig.* 20 à 28) donnant ainsi deux nouvelles assises, l'une représentant intérieurement la jeune assise calyptrogène, l'autre, extérieurement, la couche la plus inférieure de la coiffe. Parfois, l'élément *m* se cloisonne d'abord transversalement en deux cellules superposées *d* et *f* (*fig.* 7); dans ce cas, l'élément *d* contribue seul à la construction de la portion médiane de la coiffe.

L'élément *ci* de la tétrade seconde se segmente, en règle très générale, transversalement en deux cellules superposées *n* et *n'* (*fig.* 6 à 10), Celles-ci se cloisonnent le plus souvent, *n* longitudinalement et *n'* transversalement (*fig.* 12, 15, 17) pour donner quelques éléments qui entrent dans la constitution du suspenseur.

L'histoire du développement de l'embryon du *Polycarpon tetraphyllum* apporte une confirmation éclatante aux conclusions tout à fait inattendues que j'émettais, en 1938, au sujet du *Herniaria glabra* ([2]), où la présence de nombreuses formes aberrantes rendait cependant ces conclusions fort discutables. La régularité des formes du *Polycarpon* ne laisse aujourd'hui subsister aucun doute sur la validité des déductions auxquelles j'ai été alors conduit. Il s'agit incontestablement d'un type embryonomique nouveau, qui reproduit, dans la deuxième période de la classification embryogénique, le type que représente le *Papaver Rhæas* ([3]), dans la première.

Considérant en effet la tétrade linéaire directement produite par l'oospore, chez le *Papaver*, et la tétrade linéaire seconde tirant origine chez le *Herniaria* et le *Polycarpon* de la cellule apicale seulement, on constate que, dans les deux cas, les lois du développement sont essentiellement les mêmes. Dans les deux cas, la cellule supérieure, *l*, se différencie en une cellule épiphysaire; dans les deux cas, la cellule subterminale, *l'*, produit la partie cotylée proprement dite, la partie hypocotylée et les initiales de l'écorce de la racine. La cellule *m*, chez le *Herniaria* et le *Polycarpon*, engendre, en règle générale, la portion médiane de la coiffe, partie du corps qui se trouve normalement produite, chez le *Papaver*, par la cellule *d*, fille de *m*; mais, chez le *Polycarpon*, d'après certains

([2]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 85, 1938, p. 353.

([3]) *Comptes rendus*, 183, 1926, pp. 902 et 1119; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 75, 1928, p. 452.

exemples, la cellule *d* semble également donner seule naissance à la portion médiane de la coiffe. On peut ajouter que, dans les deux cas encore, on assiste à des différenciations semblables extraordinairement précoces et que les processus de division selon lesquels les blastomères primordiaux remplissent leurs fonctions histogéniques sont étroitement comparables.

Il est certain que les données particulièrement précises que nous apporte l'étude du *Polycarpon* aideront à résoudre le grand problème du véritable groupement des espèces dans l'alliance des Centrospermales. Dès maintenant il paraît difficile de séparer les *Herniaria* des *Polycarpon*, comme on l'a fait dans des classifications récentes en faisant état de la nature du fruit, monosperme et indéhiscent chez les premiers, capsulaire et déhiscent chez les seconds.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le cracking hydrogénant des goudrons dérivés des matières grasses.* Note de MM. **Paul Pascal** et **Lüka Lilià.**

L'un de nous a mis au point une méthode de transformation des matières grasses en un mélange très riche en hydrocarbures (parfois moins de 0,7 % d'oxygène) avec des rendements très élevés. La pyrogénation de graines ou de graisses dans un courant rapide de gaz inerte fournit un goudron primaire oxygéné; un chauffage ultérieur de ce goudron sur un catalyseur minéral le désoxyde presque complètement et fournit une proportion appréciable d'essence. En voici les caractéristiques principales, pour deux cas particuliers :

	Goudron primaire.				Huile finale brute.			
	Densité.	I. s.	I. ac.	O %.	D à 20°.	I. s.	I. ac.	O %.
Arachides en coques.....	0,965 à 18°	196,5	129,1	9,2	0,864	47,2	8,7	1,7
Fruits de palmes entiers.	0,975 à 29°	181,4	115,7	10,7	0,870	56	17,6	2,9

I. s., indice de saponification; I. ac., indice d'acide.

Nous avons cherché à compléter ce second temps par un cracking hydrogénant afin d'accroître notablement le taux d'essence.

Les essais ont été effectués dans une bombe tournante en acier inoxydable, de 3^l, dont l'étanchéité était assurée par un joint de cuivre rouge. Dans l'appareil étaient placés chaque fois 450^{cm^3} d'huile secondaire. On y comprimait ensuite de l'hydrogène sous une pression P_0, avant de chauffer très progressivement l'ensemble jusqu'à la température maxima T, qu'on atteignait au bout de 3 heures environ et qu'on maintenait 20 minutes. Après refroidissement lent, au cours de la nuit, l'huile hydrogénée était fractionnée et analysée; l'eau formée était mesurée.

Après avoir employé comme catalyseur le sulfure de molybdène, nous avons constaté que les résultats restaient presque identiques en son absence, l'hydrogénation, dans ce dernier cas, prenant cependant le pas sur le cracking. Nous

avons été amenés à soupçonner le cuivre du joint, toujours un peu attaqué, d'intervenir dans la catalyse et vérifié cette présomption en remplaçant ce métal par l'aluminium; mais, même alors, le cracking hydrogénant était notable. Il reste cependant acquis que le cuivre ou les sels de cuivre, comme on le vérifia directement, améliorent l'opération, mais ce qu'il en faut est infime (moins de 10^{-5}) et la corrosion inévitable de l'appareil suffit amplement à le fournir.

Voici, à titre d'exemple, pour l'huile secondaire d'arachides, et en fonction des conditions de marche, les rendements pondéraux en liquides condensables à 20° et l'analyse de la fraction 0-180° dans le liquide hydrogéné (le métal du joint est le cuivre, sauf dans le dernier exemple, où il était remplacé par l'aluminium).

				Rendement		Caractères de la fraction 20-180°			
MoS^2 %.	P_0 (atm.).	T.	Eau formée.	total.	fraction 20-180°.	densité à 20°.	saponifiable.	éthylénique.	aromatique.
2.......	198	430°		84,5	15,3	0,745	1 %	3,4 %	11 %
1.......	102	440		64,5	16,4	0,745	3,2	5,4	12,8
1.......	85	475	0,6 %	76	35.9	0,740	1,9	4,2	12,6
2.......	85	475	1,07	78	35,5	0,740	1,7	3,9	12,1
0.......	66	475	-	82	28,7	0,737	1,6	7,6	10,9
0.......	85	475	1,4	81	36,3	0,740	1,4	4,6	14
0(Al)...	85	475		82	25,7	0,736	1,6	10,8	9,8

Avec l'huile secondaire dérivée des fruits entiers de palme, et en absence de tout catalyseur, nous avons précisé les indications générales précédentes; elles sont d'ailleurs valables pour toutes les huiles secondaires végétales ou animales de ce genre. On a trouvé :

			Rendement en liquides (%)				Densités à 20°			
	P_0.	T.	total.	20-180°.	20-205°.	205-250°.	totale.	20-180°.	20-205°.	205-250°.
I...	85	455°	95	19,5	25,7	19,0	0,836	0,762	0,779	0,824
II..	100	455	92	18,6	30,1	24,5	0,836	0,755	9,781	0,830
III..	50	465	91	24,7	32,0	17,5	0,824	0,752	0,771	0,832
IV..	66	475	87,5	38,15	47,5	14,3	0,809	0,744	0,763	0,846
V...	85	475	88	37,3	47,3	16,8	0,805	0,746	0,761	0,855

Analyse de la fraction.....	0-180° (%)			0-205°		
	saponifiable.	éthylénique.	aromatique.	saponifiable.	éthylénique.	aromatique.
I......	3,5	10,0	10,0	6,4	10,8	8,8
II.....	3,8	9,4	12,8	6,0	13,2	10,4
III.....	2,8	12,9	10,0	5,8	14,0	9,1
IV.....	2,6	8,0	10,8	4,2	11,2	8,8
V......	2,8	8,0	11,2	4,8	10,8	8,8

En résumé, la température est le facteur principal de l'allégement des pétroles végétaux; son effet ne commence à se faire sentir nettement que vers 455°, mais, quand on dépasse 465°, on obtient rapidement une huile craquée et hydrogénée dont près de la moitié distille avant 205°. Nous n'avons pas

trouvé intérêt à dépasser 475°, d'autant que la pression totale atteint alors le triple de la valeur initiale.

La pression d'hydrogène est un facteur secondaire du phénomène, tant du moins, qu'elle possède une valeur assez élevée pour assurer la présence d'une quantité de gaz nettement supérieure à celle qui doit être fixée. A cet égard on peut même remplacer l'hydrogène par des mélanges, comme le gaz à l'eau, à condition de tenir compte de la diminution de pression partielle.

En opérant à des températures croissantes, on augmente lentement la proportion des produits non condensables à la température ordinaire : l'huile hydrogénée est alors de plus en plus légère et volatile, sa portion saponifiable, déjà faible, disparaît lentement.

La teneur en carbures éthyléniques de l'huile hydrogénée passe par un maximum vers 465°. Ainsi se manifeste la superposition des deux phénomènes opposés du cracking hydrogénant : formation croissante d'éthyléniques et saturation de ceux-ci par l'hydrogène. On peut donc, par un cracking hydrogénant des pétroles végétaux et animaux, obtenir des rendements très élevés en essence sans mettre en jeu des catalyseurs spéciaux, sauf peut-être des traces infimes de cuivre, que la corrosion inévitable des appareils est parfois susceptible de fournir en quantité surabondante.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à chacune des deux Chaires de *Cryptogamie* et d'*Anatomie comparée des végétaux vivants et fossiles*, vacantes au Muséum National d'Histoire naturelle.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Perrin. *Une croisade médicale contre l'alcoolisme. Compte rendu d'une enquête parmi les médecins français, suivi d'un petit Précis de l'alcoolisme à l'usage des éducateurs et des dirigeants.*

2° Institut Français du Caoutchouc. *Le Caoutchouc d'Hévéa. Initiation aux méthodes d'exploitation en Indochine* (présenté par M. A. Chevalier).

3° Charles Platrier. *Mécanique des milieux continus déformables. Théorie de l'élasticité isothermique* (Il signale également un ouvrage polycopié).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les rapports entre la Mécanique ondulatoire et la théorie des fonctions aléatoires.* Note de M. **Jean Bass**.

I. A toute grandeur attachée à un corpuscule quantique dans un état ψ correspond une *variable aléatoire* A. Les valeurs possibles de A sont les valeurs

propres de l'opérateur hermitien associé à A, leurs probabilités étant les carrés des modules des coefficients du développement de ψ suivant les fonctions propres de A.

En particulier la *position* X_k et l'*impulsion* P_k ($k = 1, 2, 3$) sont des variables aléatoires continues. Existe-t-il un corpuscule aléatoire bien défini ayant X_k et P_k comme position et impulsion ?

II. Il faut essayer de construire la loi de probabilité conjuguée des X_k et P_k, qui, outre les lois de probabilité individuelle de position et d'impulsion, contient aussi la *corrélation* entre les X_k et les P_k.

On passe par l'intermédiaire de la *fonction caractéristique quantique*, déjà utilisée par M. Edmond Arnous ([1]). Il s'agit de déterminer la valeur moyenne χ de l'opérateur $e^{i\Sigma(\lambda_k X_k + \mu_k P_k)}$, où λ_k, μ_k sont des paramètres réels, et où

$$P_k = -\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x_k}.$$

On démontre que, sans aucune ambiguïté,

$$e^{i\Sigma(\lambda_k X_k + \mu_k P_k)}\psi(x_k, t) = e^{i\Sigma\lambda_k\left(x_k - \frac{\hbar}{2}\mu_k\right)}\psi(x_k - \hbar\mu_k, t).$$

D'où il résulte que (si le domaine de variation des x_k est tout l'espace)

$$(1)\qquad \chi(\lambda_k, \mu_k, t) = \int \psi^*(x_k, t)\, e^{i\Sigma(\lambda_k x_k + \mu_k P_k)}\psi(x_k, t)\, dx_1\, dx_2\, dx_3$$
$$= \int e^{i\Sigma\lambda_k x_k}\psi\left(x_k - \hbar\frac{\mu_k}{2}, t\right)\psi^*\left(x_k + \hbar\frac{\mu_k}{2}, t\right) dx_1\, dx_2\, dx_3.$$

La densité de probabilité conjuguée des X_k, P_k, inverse de Fourier de χ, est alors ([2])

$$(2)\qquad F(x_k, p_k, t) = \frac{1}{\hbar^3\pi^3}\int e^{-i\Sigma\mu_k p_k}\psi\left(x_k - \frac{\hbar}{2}\mu_k, t\right)\psi^*\left(x_k + \frac{\hbar}{2}\mu_k, t\right) d\mu_1\, d\mu_2\, d\mu_3.$$

Cette formule contient bien les densités de probabilité classiques de la position et de l'impulsion.

III. A la fonction F correspond un corpuscule aléatoire bien déterminé (sous réserve que $F > 0$). Si ψ vérifie l'équation de Schrödinger ([3]), F vérifie l'équation fonctionnelle

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial F}{\partial t} + \sum p_k \dfrac{\partial F}{\partial x_k} = \dfrac{1}{i\hbar}\left[V\left(x_k + \dfrac{q_k}{2}, t\right) - V\left(x_k - \dfrac{q_k}{2}, t\right)\right]F = D(F) \\ \left(q_k = -\dfrac{\hbar}{i}\dfrac{\partial}{\partial p_k},\quad V = \text{potentiel}\right). \end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 141.

([2]) Cette formule a déjà été donnée sans démonstration par Wigner (*Phys. Rev.*, **40**, 1932, p. 749).

([3]) On suppose la masse du corpuscule égale à l'unité.

J'ai montré précédemment [1] que, si la loi de probabilité d'un corpuscule aléatoire vérifie une équation du type (3), on peut en déduire une équation de transfert analogue à celle de Boltzmann, dont l'explicitation dépend de la forme de l'opérateur D, et qui contient en particulier des équations hydrodynamiques. Ces dernières sont ici celles du *fluide de probabilité*, dont l'existence est ainsi rattachée à des concepts statistiques. Si l'on pose $\psi = a e^{-\frac{i}{\hbar}\varphi}$, la vitesse de ce fluide est $\partial\varphi/\partial x_k$, et il a pour *tensions* les quantités $(\hbar^2/2)a^2(\partial^2 \log a/\partial x_k \partial x_l)$. Les forces de tensions dérivent du *potentiel quantique* $(\hbar^2/2)(\Delta a/a)$.

Dans un état stationnaire d'énergie E_n, la fonction F vérifie la seconde équation

$$(4) \qquad \sum_k \frac{\partial^2 F}{\partial x_k^2} - \frac{8}{\hbar^2}\left\{\frac{1}{2}\sum p_k^2 - E_n + \frac{1}{2}\left[V\left(x_k + \frac{q_k}{2}\right) + V\left(x_k - \frac{q_k}{2}\right)\right]\right\} F = 0,$$

qui, jointe à (3), résout le problème de la quantification de l'énergie, au même titre que l'équation de Schrödinger.

IV. En fait la théorie qui précède n'est pas entièrement compatible avec les bases de la Mécanique ondulatoire, qui ne permettent pas de réaliser une épreuve fournissant en même temps la position et l'impulsion. F n'a donc pas de signification physique directe et la démonstration de la formule (I) repose d'ailleurs sur l'hypothèse que, au produit aléatoire $X_k P_k$, on peut associer l'opérateur hermitien $1/2(X_k P_k + P_k X_k)$. Or ce produit n'est pas mesurable, et cette hypothèse doit être rejetée, comme dépourvue de sens physique. On doit s'attendre à ce que les équations (3), (4) ne dépassent pas ce qu'on peut tirer de l'équation de Schrödinger, c'est-à-dire la quantification de l'énergie.

V. Ceci se vérifie sur un exemple. Soit $\sigma_3 = X_2 P_3 - X_3 P_2$ une composante *du moment cinétique*. Considérée comme une variable aléatoire, déduite des X_k et des P_k par les règles de l'algèbre, σ_3 devrait avoir un spectre *continu*, et sa fonction caractéristique serait

$$(5) \qquad \int \psi\left(x_1 + x_2\frac{\hbar\lambda}{2}, x_2 - x_1\frac{\hbar\lambda}{2}, x_3, t\right)\psi^*\left(x_1 - x_2\frac{\hbar\lambda}{2}, x_2 + x_1\frac{\hbar\lambda}{2}, x_3, t\right) dx_1\, dx_2\, dx_3.$$

Or on sait que σ_3 ne prend que des ***valeurs multiples de*** $\hbar$. En utilisant les fonctions propres de σ_3, on trouve que l'expression correcte de cette fonction caractéristique est

$$(6) \qquad \int \psi\left(x_1\cos\frac{\hbar\lambda}{2} + x_2\sin\frac{\hbar\lambda}{2}, x_2\cos\frac{\hbar\lambda}{2} - x_1\sin\frac{\hbar\lambda}{2}, x_3, t\right)$$
$$\times \psi^*\left(x_1\cos\frac{\hbar\lambda}{2} - x_2\sin\frac{\hbar\lambda}{2}, x_2\cos\frac{\hbar\lambda}{2} + x_1\sin\frac{\hbar\lambda}{2}, x_3, t\right) dx_1\, dx_2\, dx_3.$$

VI. On arrive ainsi à une véritable justification statistique des principes de

[1] *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 272.

la mécanique ondulatoire. Le corpuscule quantique n'est pas un corpuscule aléatoire ou, tout au moins, sa loi de probabilité F n'est pas donnée par (2) et n'est pas entièrement déterminée par la seule connaissance de ψ. Les grandeurs physiques qui lui sont attachées sont des variables aléatoires sans lien fonctionnel, même si les opérateurs qui les définissent sont liés par des relations algébriques. La formule (5) est l'approximation de (6) lorsqu'on se borne aux termes du premier ordre en $\hbar$ à l'intérieur de ψ. Le corpuscule aléatoire étudié en II-III serait ainsi la seconde approximation du corpuscule quantique [la première ($h = 0$) étant celle des classes de Jacobi].

SPECTROSCOPIE. — *L'absorption dans l'infrarouge de cyclanones et de benzocyclanones.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

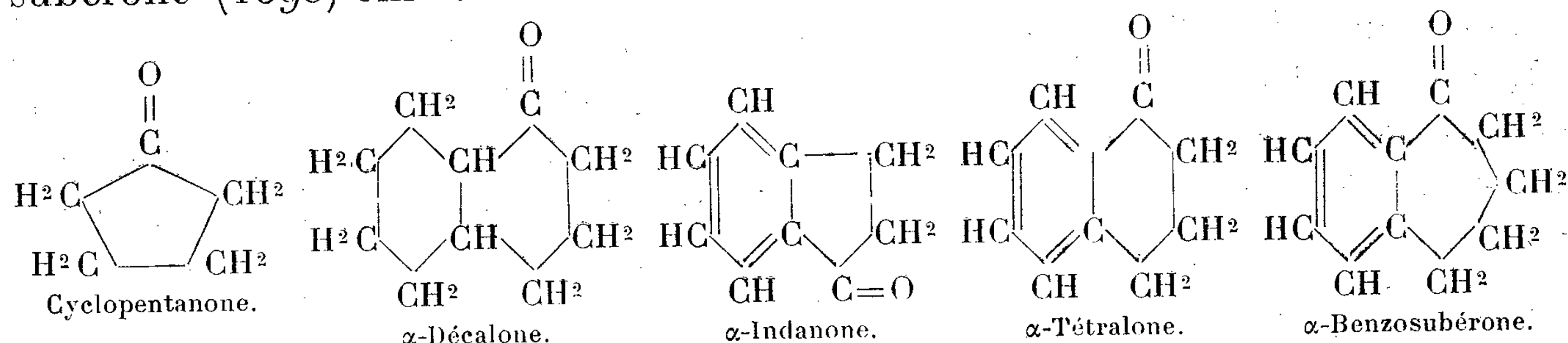
Nous avons réuni les résultats obtenus sur une vingtaine de cétones cycliques qui proviennent soit de déterminations personnelles antérieures, soit de mesures nouvelles. Trois spectromètres enregistreurs permettaient de parcourir l'intervalle spectral 525 à 1750 cm^{-1} environ.

I. *Influence de la fonction cétonique sur le spectre.* — Il est possible que la vibration gauche $\gamma(CO)$ se place vers 540-580 cm^{-1}, mais on observe surtout une forte bande attribuable à la vibration de valence $\nu(CO)$, située entre 1690 et 1740 cm^{-1}, dont il sera exclusivement question dans ce qui suit. Nous pouvons confirmer et compléter les conclusions formulées par d'autres auteurs (Kohlrausch et ses élèves, Mlle D. Biquard) au moyen de l'effet Raman.

a. Pour les cyclanones, le nombre d'ondes correspondant diminue progressivement en passant de la cyclopentanone (1743) à la cyclooctanone (1709) et semble rester constant jusqu'à la pentadécylcyclanone (exaltone). Pour des cycles à six atomes de carbone, on aboutit sensiblement à la même valeur que quand il s'agit de chaînes linéaires (1715 cm^{-1}). Avec les α et β décalones (*cis* ou *trans*), nous trouvons des nombres compris entre 1710 et 1720 cm^{-1}, c'est-à-dire peu différents de ceux qui correspondent à la série aliphatique.

b. Pour les benzocyclanones, nous n'avons étudié que des composés où la liaison C=O se trouve en position voisine (α) du noyau benzénique (indanone, tétralone, benzosubérone). Comme pour les cétones aromatiques, dans ce cas, avec la proximité du noyau, celui-ci provoque un abaissement de la fréquence caractéristique C=O, relativement à la valeur qui lui correspond dans la série aliphatique. Un phénomène analogue se remarque pour les α et β-méthyl-naphtyl-cétones (1695 cm^{-1}). Ce dernier exemple paraît particulièrement intéressant pour mettre en évidence l'influence de la non-saturation du noyau naphtalénique, puisque, si l'on passe aux décalones, comme nous l'avons dit, on retrouve une valeur plus élevée.

D'autre part la bande C=O se déplace vers les grandes longueurs d'onde à mesure qu'augmente le nombre des atomes du cycle auquel est rattaché ce groupement : α-indanone (1709), α-tétralone (1703), α-benzosubérone (1690) cm^{-1}.



II. *Bandes d'absorption propres du noyau cyclanique.* — D'après ce que nous venons de voir, la presque totalité des maxima provient de vibrations du noyau. Pour les interpréter, on peut remarquer que les spectres de deux cyclanones homologues successifs présentent souvent un aspect analogue. Ainsi on déduit, d'une façon très remarquable, les maxima de la cyclohexanone de ceux de la cyclopentanone en diminuant les nombres d'onde correspondants. Les intensités se retrouvent d'une manière assez nette pour éviter toute ambiguïté dans le passage d'un spectre à l'autre.

Cyclopentanone. .	704 (f)	813 (F)		951 (F)	1008 (f)	1138 (F)	cm^{-1}
Cyclohexanone . . .	646 (f)	746 (F)	863 (F)	903 (F)	1007 (f)	1109 (F)	»

Voici le spectre de la cyclohexanone : une bande forte (746), deux bandes fortes relativement rapprochées (863 et 903), deux bandes faibles assez voisines (1007 et 1046) et une bande forte (1109 cm^{-1}) se retrouvent avec les cycloheptanone et cyclooctanone. Seulement les bandes correspondant à 1007 et 1046 cm^{-1} deviennent plus intenses. Mais, à mesure que le nombre des atomes de carbone du cycle augmente, il s'introduit de nouveaux modes de vibration, qui se traduisent par de nouvelles suites, lorsque l'on parcourt successivement les spectres des homologues. Ainsi celles qui commencent à 863 et 841 cm^{-1} avec les cyclohexanone et cycloheptanone, manquent avec les homologues inférieurs. La deuxième de ces suites se divise elle-même en deux à partir de l'éthyl-2 cycloheptanone-1, et le même phénomène se reproduit pour la diéthyl-2.2 cycloheptanone-1 avec la bande de 939 cm^{-1}, qui devient double (908 et 941 cm^{-1}) à partir de la cyclooctanone (¹).

Avec l'exaltone le cycle à 15 atomes de carbone laisse prévoir un nombre considérable de maxima, dont seulement très peu ont été observés. Mais, contrairement à ce que l'on constate généralement pour des composés à chaîne ouverte et à grand nombre d'atomes de carbone, au lieu de s'estomper, sauf une ou deux des bandes restent bien marquées.

(¹) Mlle G. Cauquil et J. Lecomte, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 879.

Lorsque l'on compare entre eux les spectres de benzocyclanones présentant des cycles à nombre croissant d'atomes de carbone, il n'apparaît aucune concordance (indanone, tétralone, benzosubérone). De même un rapprochement avec des composés analogues (indène, hydrindène pour l'indanone, ou tétraline pour la tétralone) ne conduit à aucune interprétation intéressante.

III. *Applications analytiques.* — Les *o*-, *m*-, *p*-méthyl-cyclohexanones se laissent distinguer principalement en considérant la région comprise entre 700 et 525 cm^{-1}. En particulier les isomères ortho et méta donnent des bandes d'intensité moyenne à 575 et 660 cm^{-1} d'une part, et à 638 et 660 (?) cm^{-1} d'autre part, qui manquent pour l'isomère para. Les maxima d'absorption des α décalones *cis* et *trans* présentent sensiblement les mêmes positions, alors que ceux des deux β décalones *cis* et *trans* apparaissent mieux différenciés.

Lorsque l'on passe d'une cyclanone à l'un de ses dérivés mono- ou diméthylés (sur le même atome de carbone), les modifications dans le spectre apparaissent à partir de la région de 1040 cm^{-1} environ et au-dessus, alors que s'il s'agit d'une ou deux chaînes éthyle, celles-ci possèdent aussi des maxima d'absorption propres dans la région 800-1040 cm^{-1}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons du chlorure de cadmium avec l'acide acétique.* Note de Mlle **Marinette Gerbault.**

A ma connaisance, aucune combinaison du chlorure de cadmium avec l'acide acétique n'a encore été signalée.

I. *Composé* Cl^2Cd, CH^3CO^2H. — Je l'ai obtenu par plusieurs procédés :

a. par l'action du chlorure d'acétyle sur l'acétate trihydraté. On chauffe 1 h. 1/2 à 50° l'acétate $(CH^3CO^2)^2Cd, 3H^2O$ avec un grand excès de CH^3COCl; la pâte sèche obtenue est laissée 24 heures sous une cloche avec de la chaux vive;

b. par l'action à 60° de l'acide acétique cristallisable, ou de l'anhydride acétique sur le chlorure à $2H^2O$;

c. par l'action du chlorure d'acétyle à 50° sur l'hydroxyde de cadmium.

Il est à remarquer que l'acide chlorhydrique décompose l'acétate de cadmium et donne uniquement $Cl^2Cd, 2H^2O$.

Le composé est en petits grains blancs, qui, au microscope, sont cristallisés en petites aiguilles (*fig.* 1). L'analyse correspond à Cl^2Cd, CH^3COOH à 1 ‰ près.

Abandonné sous une cloche saturée d'humidité jusqu'à poids constant, le composé a absorbé de l'eau et s'est dissous; de la dissolution il cristallise avec la même formule. Mais, dissous dans l'eau et évaporé à froid, il donne uniquement le chlorure à deux molécules d'eau $Cl^2Cd, 2H^2O$.

Si l'on ajoute un excès d'alcool à 95° dans la solution saturée, l'évaporation à 50° donne des cristaux du même composé, mais combiné avec une molécule d'eau Cl^2Cd, CH^3CO^2H, H^2O. Au contraire le même composé sec, dissous

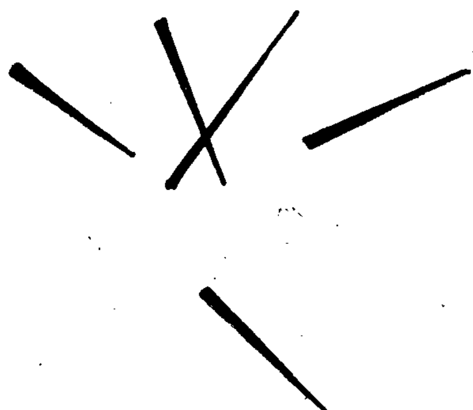


Fig. 1. — Cl^2Cd, CH^3CO^2H.

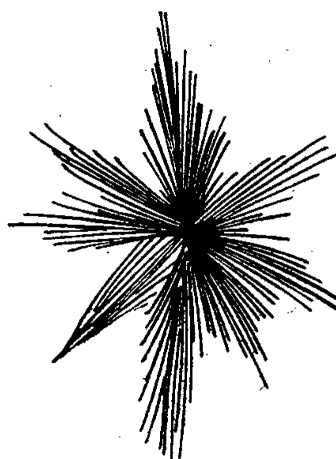


Fig. 2. — $2Cl^2Cd, 3CH^3CO^2H$.

dans l'acool à 95°, se décompose et par évaporation donne le chlorure anhydre Cl^2Cd.

II. *Composé* $2Cl^2Cd, 3CH^3CO^2H$. — Je l'ai obtenu par le chlorure d'acétyle en excès sur l'acétate à $3H^2O$, mais en opérant à froid, et en le laissant 3 jours sous une cloche en présence de chaux vive.

Ce sont de petits grains blancs qui, au microscope, sont formés de touffes de petites aiguilles (*fig.* 2); l'analyse donne cette formule à 0,7 % près.

Ce corps est très soluble dans l'eau qui le décompose, et par l'évaporation donne des cristaux de $Cl^2Cd, 2H^2O$. Mais, s'il est maintenu jusqu'à poids constant dans une atmosphère humide, il perd une molécule d'acide acétique et donne le premier composé Cl^2Cd, CH^3CO^2H.

Il est soluble dans l'alcool à 95°, où il est décomposé et donne des cristaux de chlorure anhydre Cl^2Cd. Mais, si l'on verse un excès d'alcool à 95° dans la solution concentrée et qu'on évapore à 50°, on retrouve le composé obtenu plus haut, avec une molécule d'eau Cl^2Cd, CH^3CO^2H, H^2O.

III. *Acétochlorure* $(Cl, CH^3CO^2)Cd$. — Je l'ai obtenu par l'action du chlorure d'acétyle sur l'oxyde de cadmium CdO. On a un corps gris (au lieu de brun jaune), en aiguilles; l'analyse conduit à la formule précédente à 1 % près. C'est un corps très peu soluble dans l'eau, même à 80°, et insoluble dans l'alcool à 95°.

Remarque. — Les résultats de l'analyse du composé Cl^2Cd, CH^3CO^2H conviendraient aussi bien à une combinaison de l'acétochlorure avec l'acide chlorhydrique $(ClCH^3CO^2)Cd, HCl$. Mais le composé obtenu a l'odeur de l'acide acétique; le pH de la solution normale est 4,8; d'ailleurs les deux préparations à partir de $Cl^2Cd, 2H^2O$, et sa décomposition par l'eau montrent nettement que c'est la formule proposée Cl^2Cd, CH^3COOH qui convient.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Culture de tissus de tige de Rosier*. Note de M. **Pierre Nobécourt** et Mme **Lucie Kofler**, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'un de nous a établi (1) une technique qui lui a permis de procéder depuis 1937 à la culture d'une souche de tissus de Carotte qui est actuellement la culture de tissus végétaux ayant atteint la plus longue durée. Le milieu utilisé dans cette méthode est composé de sels minéraux, glucose, acide indol-β-acétique et chlorhydrate de cystéine. Plus tard il a été reconnu que la cystéine est inutile et, depuis le 20 mars 1940, une souche de tissus de Carotte se développe sur le même milieu, exempt de cystéine.

De son côté P. R. White (2) indiqua un milieu composé de sels minéraux, saccharose et extrait de levure, qui lui a permis de cultiver à travers de très nombreux passages, des tissus provenant de la tige d'un hybride de *Nicotiana*.

A la suite de ces expériences fondamentales, des tissus de quelques autres végétaux herbacés ont été cultivés pendant des périodes plus ou moins longues, mais les résultats avec les végétaux ligneux ont été jusqu'ici moins favorables; c'est ainsi que, malgré de nombreuses tentatives, Gautheret (3) n'est pas parvenu à cultiver des tissus de *Salix capræa* pendant plus de 18 mois. Plus récemment (février 1944) Morel (4) publiait que, sur un milieu nutritif non précisé, additionné d'acide indol-acétique à la dose de 10^{-7}, il cultivait depuis mai 1943 des tissus de tige de Vigne; ces cultures produisaient de nombreuses racines. Le 3 juillet 1944 il annonçait (5) qu'il cultivait, également depuis mai 1943, des tissus de tige de Vigne sur le milieu 4 de Gautheret, contenant de l'acide naphtyl-acétique, de l'aneurine et de la cystéine. Il n'indique pas si, sur ce milieu, très rhizogène d'après Gautheret, les tissus produisent des racines, comme la souche cultivée sur le milieu à l'acide indol-acétique. Le fait qu'il ne parle plus de cette souche, dont l'origine est contemporaine de celle cultivée sur milieu à l'acide naphtyl-acétique, semble indiquer qu'il n'a pu en poursuivre la culture et que l'acide indol-acétique est impropre à entretenir la prolifération prolongée des tissus de Vigne.

Résumons maintenant les résultats que nous avons obtenus avec des tissus de Rosier. Il a déjà été montré (6) qu'on peut prélever aseptiquement des bourgeons sur une tige de Rosier. A chaque bourgeon reste attenante

(1) P. Nobécourt, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 85, 1938, pp. 182-188.
(2) *Am. Journ. of Bot.*, 26, 1939, pp. 59-64.
(3) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 118.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 93.
(5) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 36.
(6) L. Kofler, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, séance du 20 avril 1945.

une mince languette des tissus de la tige, l'ensemble formant ce que les horticulteurs appellent un écusson. Quatre écussons de la variété « New-Dawn », prélevés le 25 mars 1944, ont été placés sur du Knop dilué de moitié, additionné de 2 % de glucose et de 10^{-6} ou 10^{-7} d'acide indol-β-acétique, gélosé à 12 ‰ et solidifié en plan incliné dans des tubes à essais; ils ont été laissés à l'obscurité à l'étuve à 24° jusqu'au 1er mai. A ce moment ils ont tous produit des cals assez volumineux à leur partie inférieure; trois d'entre eux ont, en outre, donné des racines ramifiées (une à sept) pouvant atteindre jusqu'à 6cm de longueur. Les tubes ont été ensuite laissés à la lumière diffuse, qui fit légèrement verdir les cals; puis, le 8 juin 1944, des morceaux du plus volumineux de ces cals (développé sur milieu à 10^{-7} d'acide indol-acétique) furent repiqués sur divers milieux. La plus belle culture fut obtenue selon la technique indiquée en 1938 pour la culture des tissus de Carotte, à cela près que la phase liquide contenait (outre l'acide indol-acétique et la cystéine) 2×10^{-6} d'aneurine. Cette culture, qui au bout d'un mois atteignait plus de 1cm de diamètre, fut seule utilisée comme souche et repiquée successivement sur le même milieu le 17 juillet, le 7 septembre et le 4 décembre, avec de très bons résultats. En outre, des repiquages faits le 4 décembre sur le même milieu sans addition d'aneurine donnèrent aussi de très belles cultures. En février et avril, nous procédâmes à de nouveaux passages sur les milieux précédents, ainsi que sur un milieu n'en différant que par l'absence de cystéine. Des repiquages furent aussi effectués sur des milieux gélosés sans phase liquide, ne contenant ni aneurine ni cystéine mais seulement les sels minéraux, le glucose et 10^{-7} d'acide indol-acétique. Dans tous les cas nous avons obtenu de belles cultures.

Un fait important à noter est que, si les écussons en culture peuvent produire des racines, les cultures dérivées des cals n'ont produit aucun organe différencié.

Nous avons donc réussi à faire proliférer depuis plus de 15 mois des tissus de tige de Rosier, dont 13 mois en l'absence de toute trace des tissus primitifs.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Phytohormones et court-noué de la Vigne.* Note de M. **François Nystérakis**, présentée par M. René Souèges.

Il est démontré que les causes les plus diverses (Champignons, Bactéries, Insectes, température) peuvent provoquer, chez la Vigne, l'apparition de caractères rappelant plus ou moins ceux du court-noué contagieux [1].

---

(6) Baccarini, 1893; Prillieux et Delacroxi, 1894; Mangin, 1895; Ravaz, 1900, 1907, 1928; Chappaz, 1902; Mangin et Viala, 1902; Pantanelli, 1912; Faes, 1913; Petri, 1918, 1923, 1931; Rives, 1925, 1937; Stranak, 1931; Viala et Marsais, 1937; Branas, Bernon et Levadoux, 1938, 1942.

Quelles que soient les causes du court-noué, il est caractérisé par des symptômes qui affectent l'allongement, la disposition et souvent la forme ou même la nature des différents organes de la Vigne.

L'élongation et la multiplication des cellules végétales étant, en grande partie, sous la dépendance des substances dites de croissance, les hormones, il m'a paru légitime de chercher à relier le rabougrissement de la Vigne, si caractéristique du court-noué, à un déséquilibre de ces substances, susceptible d'être provoqué par de nombreux facteurs, parasitaires ou non.

Dans ce but j'ai placé, le 2 mai 1944, des racinés sains, appartenant à 3 variétés, sur 3 milieux : terre de jardin, sable, eau de source; les pots étaient arrosés, en même temps, avec la même quantité de solution d'acide indol-β-acétique et, dans les ballons, les solutions de cet acide étaient renouvelées tous les 8 jours. Voici les résultats obtenus :

Milieu de culture.	Quantité d'hétéro-auxine par litre d'eau (en mg).	Longueur de la plus grande tige (en cm).	Nombre d'entre-nœuds.	Longueur moyenne des entre-nœuds (en cm).
Terre, série B	250	22	21	1,44
» C (témoin)	0	120	24	5,15
Sable, à l'obscurité.				
série D	400	44	15	3,03
» E (témoin)	0	190	27	6,35
» à la lumière.				
série L 1	400	9	10	0,75
» L 2 (témoin)	0	50	13	3
Eau, série I	800	2,5	3	0,83
» II	400	3	3	0,75
» IV	100	3,5	5	0,70
» V	10	6	9	0,60
» VI	1	15	7	1,55
» VII	0,015	22	14	1,57
» VIII (témoin)	0	46	15	2,85

Ce tableau permet de se rendre compte de l'action inhibitrice exercée par les hormones sur la croissance des tiges de la Vigne. En outre les symptômes observés fréquemment chez les Vignes court-nouées ont été observés sur certaines tiges soumises à l'action de l'hétéro-auxine : tiges secondaires et d'autres provenant du développement des yeux dormants (séries V, VI et VII); yeux du 2e ordre donnant des tiges comme ceux du 1er ordre; feuilles déformées, pourvues d'un nombre anormal de nervures (3, 4, 6, 7) et de dents aiguës (séries V, VI, VII); feuilles disposées sur la même génératrice au lieu d'être alternes et distiques, ou divisées en deux, ainsi que, partiellement, leur pétiole; dans la série VII des tiges opposées se sont formées, l'une d'elles occupant la place d'une vrille ou d'une grappe. Avec des concentrations moyennes d'hétéro-auxine (10 à 100mg), les entre-nœuds sont en zigzags; avec

des solutions très faibles ($0^{mg},015$), le 6 premiers mérithalles restent courts ($0^{cm},7$), les suivants sont beaucoup plus longs ($2^{cm},4$).

Des coupes pratiquées sur des tiges vertes m'ont permis de retrouver, en grande partie, les lésions internes bien connues dans les tissus des Vignes court-nouées; elles étaient cependant moins nettes.

Il ressort de ces quelques essais qu'en augmentant la quantité des phytohormones dans les tiges de Vignes saines, on peut provoquer expérimentalement l'apparition des caractères externes et même des lésions internes que l'on observe chez les Vignes court-nouées.

Il paraît donc logique d'admettre que le court-noué de la Vigne, quelle que soit son origine, parasitaire ou non, serait dû directement à un déséquilibre hormonal résultant de l'action d'un parasite ou d'un autre facteur.

Cette hypothèse permettrait d'expliquer que les causes les plus diverses produisent les mêmes effets sur la Vigne; c'est que leur action se ramène finalement à une production d'hormones. A l'appui de cette hypothèse, je citerai la non-apparition des symptômes du mal sur les organes de Vignes court-nouées qui prennent naissance vers la fin du printemps, ou lorsque le développement se fait à une lumière très faible, conditions que l'on peut supposer défavorables à la production d'hormones.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *De l'influence spécifique des éclairements monochromatiques sur le retard de la sensation visuelle.* Note de MM. **Th. Liang** et **Henri Piéron**.

L'emploi du critère de disparition de l'effet de relief engendré par une inégalité de brillance en comparaison stéréoscopique, dans la méthode de la *marque tournante* pour assurer une méthode objective de photométrie hétérochrome, s'est heurté à l'objection qu'il pouvait y avoir une action propre de la couleur sur la latence de la sensation visuelle, à côté de l'action accélératrice, maintenant bien connue, de la brillance.

Cette action propre, nous avons pu la mettre en évidence au cours de recherches multiples, dont les résultats sont concordants.

La technique est la suivante : l'observateur, agissant sur une roue commandant une barre filetée, règle la position d'un curseur portant une petite tige blanche, de telle manière que cette tige apparaisse sur le même plan qu'une autre petite tige blanche mobile venant passer en dessous et dans le prolongement de la première quand, dans un mouvement circulaire uniforme sur un plan horizontal, elle vient, en face de l'observateur, au plus près de lui.

L'éclairement des marques blanches (albedo de 0,70), sur fond homogène, est assuré par des sources de lumière diffuse placées symétriquement de part et d'autre de l'observateur, un peu en arrière (sans intervention

possible d'un éclairement latéral dont l'effet serait d'accroître la latence, comme l'a montré M. de Gramont) : cet éclairement au niveau des marques blanches était de 500 lux.

La position du repère permet d'établir l'écart de profondeur correspondant à l'effet de relief engendré par une dissymétrie des latences.

Un masque d'observation, monté sur un appui-tête fixe et muni de deux ouvertures avec porte-verres, permet d'assurer des conditions stables.

La traduction suivant une formule simple, dans laquelle interviennent la vitesse du mobile, la distance de l'observateur et l'écartement des yeux (mesuré pour chaque observateur), permet de tirer une différence de retard entre les sensations des deux yeux de l'écart entre la distance apparente et la distance réelle de la tige mobile (1^{mm} correspondant à un temps d'environ 0,25 msec).

Devant les yeux se trouvaient placés, soit des verres neutres de Tscherning, gradués en photoptries, soit des verres colorés de Tscherning dont les caractéristiques de transmission avaient été établies.

Le point crucial est la détermination du pouvoir transmetteur des verres colorés. Ce pouvoir a été mesuré par M. Blet au moyen de son appareil de photométrie de papillotement. Des déterminations directes au photomètre de Pulfrich ont donné des résultats assez voisins, avec les écrans rouge et vert, pour que les valeurs, malgré toutes les incertitudes de la photométrie hétérochrome, puissent être acceptées, valeurs, dans la notation en photoptries, de 2,37 et 1,16 respectivement (transmission lumineuse de 0,425 et 6,90 %). Mais, pour l'écran bleu, les divergences ont été notables, la valeur en photoptries, au papillotement, étant de 2,08 (0,84 %) et, en détermination directe, de 1,7 à 1,8 (1,96 à 1,56 %). Nous verrons que cette divergence ne peut modifier les faits essentiels.

La superposition de verres neutres à ces écrans colorés permettait de diminuer la transparence totale, par échelons de 0,25 photoptrie.

Dans une série d'expériences, devant un œil est placé un verre neutre, allant de 0,5 à 3 ph. et, devant l'autre soit l'écran rouge, soit l'écran bleu doublé d'un verre de 0,50 ph. L'effet de relief est déterminé (de 10 à 60 fois) pour chaque comparaison et traduit en différence de retard.

La relation, sensiblement linéaire, entre cette différence de retard et le logarithme de l'écart des brillances (écart en photoptrie) permet, par interpolation, de déterminer quelle serait la différence correspondant à un verre bleu donnant une brillance juste égale à celle du verre rouge.

Or, pour trois sujets, la moyenne des retards dans toutes les comparaisons est, pour le verre rouge, inférieure à celle qui correspondrait au verre bleu de 1,48, 3,72 et 5,16 msec, soit, en moyenne générale, de 3,45 msec, en admettant pour le verre bleu la valeur de 2,08 ph. La différence serait accrue si l'on adoptait la valeur de 1,75 ph.

Dans d'autres séries où la comparaison se faisait, entre deux verres colorés, ou entre un coloré et un neutre, on a pu établir à quelle valeur d'un verre neutre correspondait la transparence de l'écran coloré.

Chez deux sujets, l'écran rouge de 2,37 ph. équivaudrait en moyenne à 2,10 ph. (2,07 et 2,13), l'écran vert porté à 2,16 ph., à 2,285 en moyenne (2,39 et 2,18) et, porté à 2,41 ph., à 2,595 en moyenne (2,69 et 2,50). En lumière rouge le retard est donc moindre qu'en lumière neutre; en lumière verte, il est un peu plus grand. Pour l'écran bleu, suivant la valeur adoptée, le retard serait peu différent, ou nettement plus grand (équivalence à 2,325 ph. en moyenne — 2,44 et 2,21 — d'un écran bleu porté à 2,33 ou 2,0 ph. suivant la valeur adoptée pour cet écran).

Si, à cause de l'incertitude relative à l'écran bleu on envisage que les confrontations entre écrans rouge et vert, de transparence plus ou moins réduite par addition de verres neutres, voici des valeurs en photoptries correspondant à une égalité des retards, chez un observateur :

Écran rouge	2,37	2,62	2,87	3,12	3,37
» vert	2,10	2,32	2,44	2,50	2,68

Les différences des retards propres augmentent à mesure que la brillance diminue (ce qui entraîne l'accroissement général des retards).

La variation de la différence des retards entre les deux yeux en fonction du logarithme de l'écart des brillances, quand un des deux yeux est muni d'un écran coloré, se fait suivant des droites sensiblement parallèles pour un observateur donné, mais avec un décalage qui montre nettement la vitesse plus grande d'éveil de la sensation en lumière rouge qu'en lumière blanche, la vitesse moins grande en lumière verte ou bleue.

On peut dire que la sensation visuelle en lumière rouge, pour une brillance de l'ordre de 0,4 nit, est éveillée avec un retard inférieur d'environ 2 à 4 msec (avec des variations individuelles) à celui qui correspond à l'action de la lumière blanche.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Spectre infrarouge des protéines pour des longueurs d'onde comprises entre* 5$^{\mu}$ *et* 8$^{\mu}$. Note (¹) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

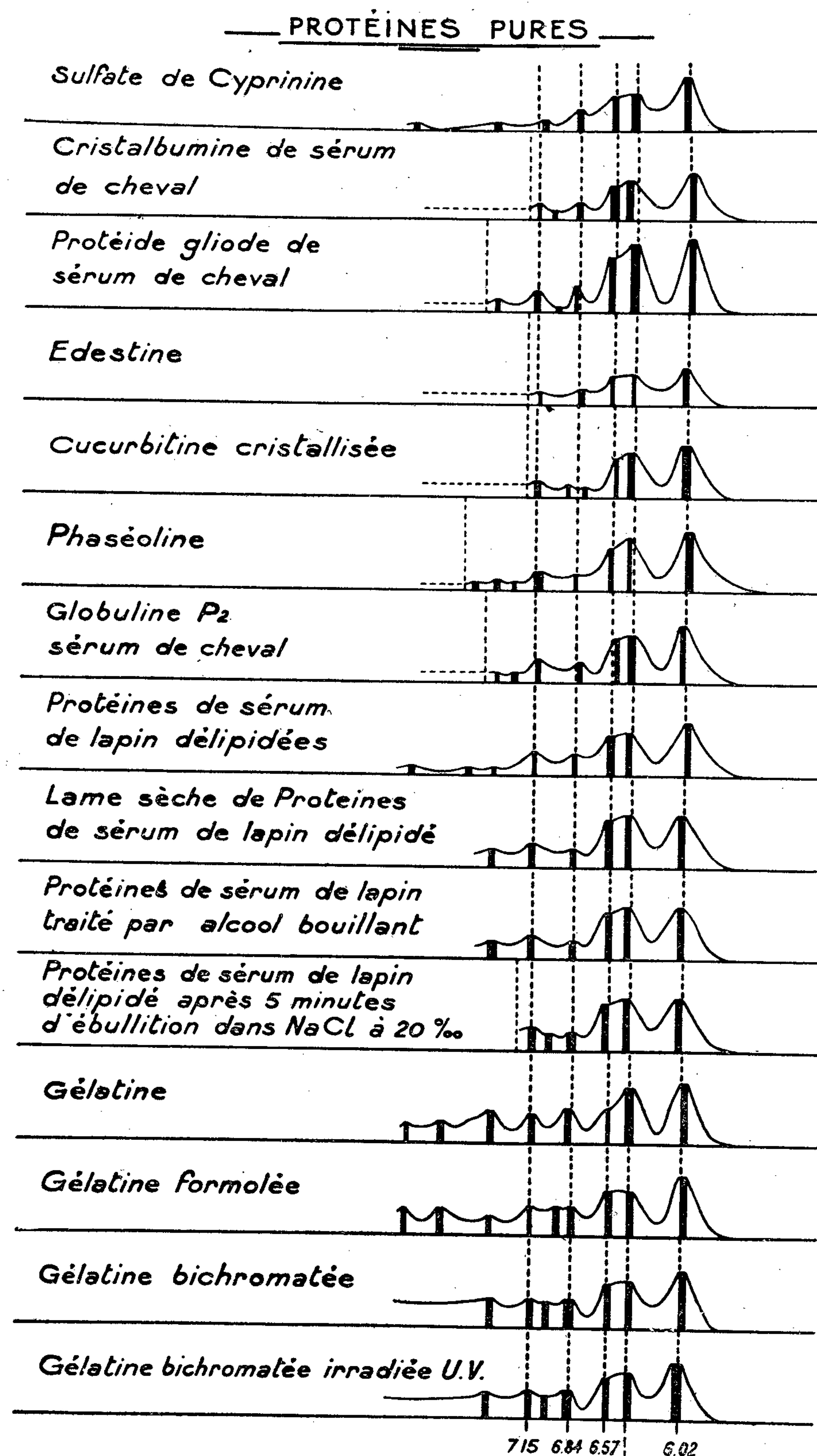
Le spectre infrarouge des protéines n'a pas été l'objet de nombreux travaux; les principaux sont ceux de Stair et Coblentz (²) et de Ellis et Bath (³), le

(¹) Séance du 25 juin 1945.

(²) *J. of Research of Nat. Bureau of Standards*, 15, 1935, pp. 295-316.

(³) *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 236; *J. Chim. Phys.*, 1938, pp. 108 et 723-29.

nombre de substances étudiées est très limité et aucune de ces publications n'a de caractère général et systématique.



A la suite de l'étude des tissus animaux (⁴) nous avons examiné un grand nombre de protéines, très diverses dans leur constitution, leur poids moléculaire, leur origine, leur pureté, leur mode d'extraction et de purification, leur état dénaturé ou non.

(⁴) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 711.

L'analyse spectrale a été limitée à la région de 5^μ à 8^μ, mais avec une dispersion relativement très importante, jusqu'ici inemployée avec ce genre de substances.

Le résultat est que, hormis quelques petites bandes peu intenses, la courbe d'absorption est à peu près identique pour toutes les protéines, aussi différentes qu'elles soient. Cette courbe est caractérisée par les maxima suivants :

6,02	6,41-6,57	6,84	7,15
fort	fort et double	moyen	moyen

Lorsque le spectre est lisible dans les grandes longueurs d'onde, on peut encore noter la présence d'une bande assez forte variant entre 7,40 et 7,50.

Les dénaturations de toutes sortes, même importantes, ne modifient pas le spectre, que seule l'hydrolyse parvient à changer d'une manière complexe et encore insuffisamment étudiée pour pouvoir être rapportée ici.

Parmi les bandes observées une seule peut être identifiée : il s'agit de la bande 6,84, qu'un grand nombre de spectres obtenu sur le même appareil soit par J. Lecomte, soit par nous-même, permet d'attribuer au radical CH^2.

Il convient de noter que l'on ne trouve pas, vers 5,80 la bande que fait prévoir le groupe $C = O$ de la liaison peptidique. Cette anomalie indique, pour la chaîne peptidique, une structure particulière dont nous poursuivons actuellement l'étude.

Le tableau ci-dessus indique le résumé de nos observations sur quelques échantillons très différenciés.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de l'iodométhylate de spartéine sur les effets de l'occlusion carotidienne.* Note (1) de M. **Jean Delourme-Houdé**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que le sulfate (2) et l'iodométhylate de spartéine (3) possèdent l'un et l'autre la propriété de supprimer et de prévenir l'action cardio-toxique de la nicotine, mais on ignore si, de ce point de vue, ces deux substances agissent également ou si, au contraire, l'une se montre plus active que l'autre.

Nous avons montré récemment (4) qu'il faut une quantité beaucoup moindre d'iodométhylate que de sulfate de spartéine pour produire ce phénomène de l'augmentation des effets hypertenseurs de l'adrénaline par la spartéine que Mercier (5) a découvert et qui a été très bien étudié par Hazard (6). Dans une

(1) Séance du 6 mars 1945.

(2) Raymond-Hamet, *Arch. internat. de Pharmacodyn.*, **38**, 1930, p. 382.

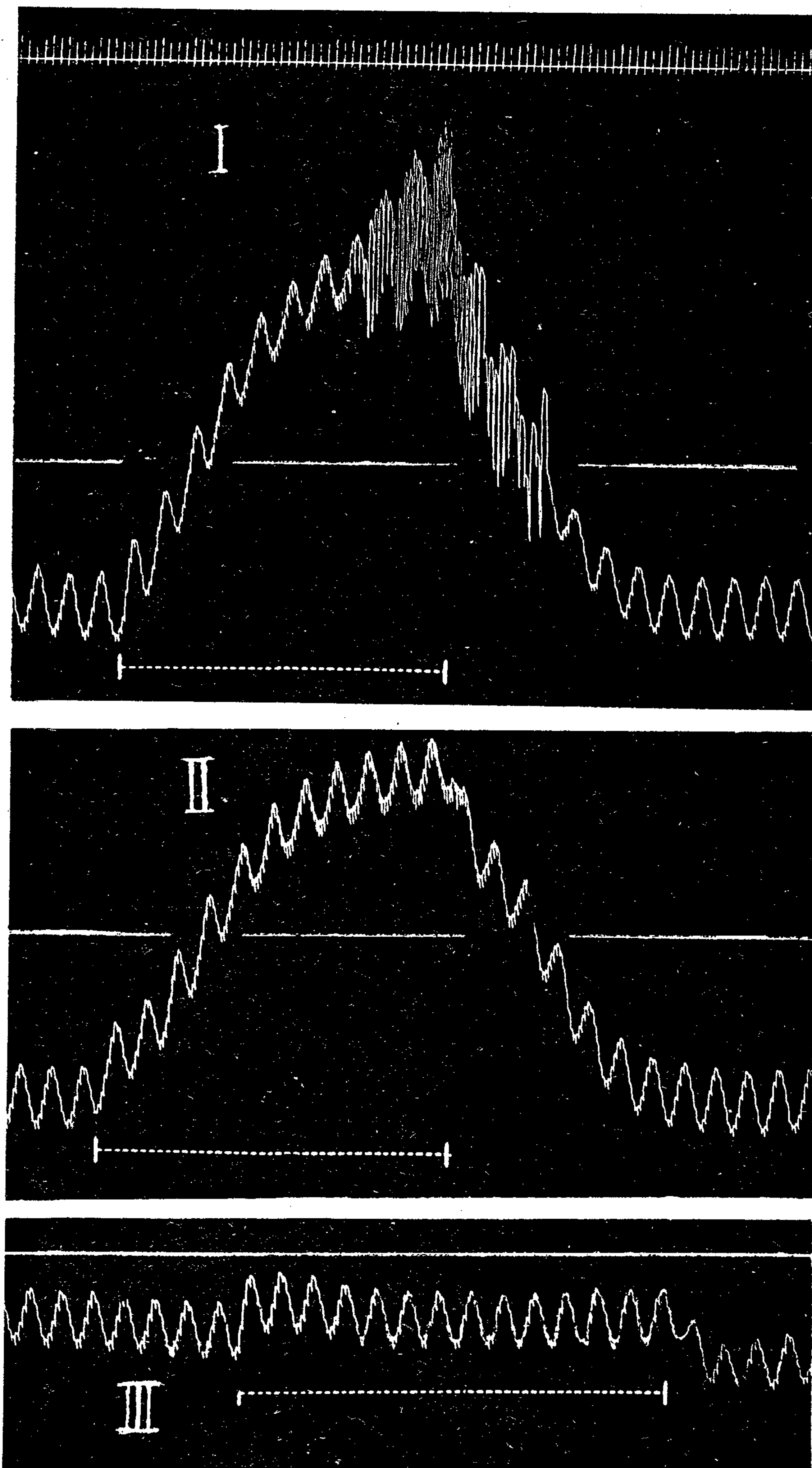
(3) J. Gautrelet et N. Halpern, *Arch. internat. de Pharmacodyn.*, **47**, 1934, p. 4.

(4) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 749.

(5) *Ibid.*, **185**, 1927, p. 1162.

(6) *Ibid.*, **194**, 1932, p. 130; **212**, 1941, p. 486; *Journ. Pharm. et Chim.*, 8e série, **19**, 1934, p. 445.

thèse toute récente, A.-G. Sevin ([7]) a établi que l'iodométhylate de spartéine



Enregistrement de la pression artérielle d'un Chien de 12^{kg} anesthésié par le chloralose. Pendant toute la durée des traits horizontaux pointillés, on a pincé la carotide gauche, alors que la carotide droite communiquait avec le manomètre à mercure. L'animal a reçu, entre les tracés I et II, 12^{mg}; entre les tracés II et III, 20^{mg} d'iodométhylate de spartéine. Les traits horizontaux non pointillés représentent le repère de la pression carotidienne à 22^{cm} de mercure.

possède une action curarisante beaucoup plus forte que celle du sulfate de

([7]) *Thèse Doct. méd.*, Paris, 1944.

spartéine, la concentration limite active étant supérieure à 1/10000 pour le premier, de 1/2000 environ pour le second.

Mercier, Delphant et Rizzo (8) ont montré que le sulfate de spartéine supprime l'hypertension produite par l'occlusion carotidienne, c'est-à-dire abolit le réflexe sino-carotidien, ce qu'on peut considérer comme un test de l'activité thérapeutique de la spartéine puisque celle-ci a essentiellement pour but, comme l'ont établi les frères Mercier, de soustraire le cœur à l'influence du système nerveux extrinsèque.

Après avoir constaté que le sulfate de spartéine exige des doses de 40 à 50^{mg} par kilogramme par la voie intraveineuse pour obtenir la suppression totale de l'hypertension provoquée par l'occlusion des carotides, nous avons pu nous assurer qu'il suffit de 10 à 15^{mg} d'iodométhylate de spartéine pour parvenir au même résultat. On peut le voir dans le tracé ci-dessus, la très forte hypertension, s'accompagnant de bradycardie réflexe que l'occlusion des carotides avait provoquée au début de l'expérience, fut déjà légèrement réduite et totalement débarrassée de la bradycardie réflexe qui l'accompagnait quand l'animal eut été soumis à l'action de 1^{mg} d'iodométhylate de spartéine par kilogramme. Une dose de 11^{mg} de cette substance $(1+10)$ a suffi pour abolir complètement l'hypertension provoquée par l'occlusion carotidienne.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Note préliminaire sur les récentes pullulations d'Acridiens, du Criquet migrateur* (Locusta migratoria) *en particulier.* Note de M. **Paul Vayssière**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au cours de ces dernières années les Acridiens se sont multipliés activement sur de nombreux points des territoires de la Métropole et de l'Afrique française. Les causes de cette effervescence générale ne peuvent encore être nettement précisées, bien que, toutefois, l'une d'elles et la plus importante doive être, sans aucun doute, l'extraordinaire sécheresse qui s'est manifestée sur le continent africain, à Madagascar et en France depuis 1941 ou 1942 et qui fut entrecoupée seulement de deux ou trois courtes périodes de pluies abondantes et même d'inondations.

1° *Schistocerca gregaria* Forsk. (le Criquet pèlerin) a témoigné et témoigne encore à l'heure actuelle, d'une grosse activité en Algérie, Tunisie et Maroc, ainsi qu'en Asie Mineure et plus spécialement en Arabie.

2° *Dociostaurus maroccanus* Thunb. et espèces voisines. — J'ai eu l'occasion de signaler précédemment (*C. R. Acad. Agr.*, 16 février 1944, pp. 105-107), la pullulation inquiétante, dans nos départements méditerranéens, de *Calliptamus italicus* L., *Œdipoda cærulescens* L. et *Œ. miniata* Pall. dans les Basses-Alpes, en particulier dans la région de Seyne et dans la vallée de l'Ubaye. En Haute-Loire, E. Rosella (in litt.) a également observé une multiplication anormale,

(8) *C. R. Soc. Biol.*, 95, 1934, p. 544.

en juin 1943, de la première espèce ainsi que de *Sphingonotus cæruleus* L., *Omocestus ventralis* Zett. et *Chorthippus parallelus* Zett.. Enfin, dans les Bouches du Rhône, ce fut le Criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus*) qui commença à trouver, en 1942, des conditions favorables de multiplication et forma, en 1943 et 1944, des bandes ailées. M. Le Gall, qui, à ma demande, a poursuivi diverses observations sur cet insecte, a constaté le peu de différences existant, tant dans la coloration (les trois taches des fémurs restent bien distinctes) que dans la morphologie, entre les solitaires et les grégaires. Quelle que soit la localité de la récolte, la morphométrie a donné la même moyenne, qui, pour le rapport fondamental A, est comprise entre 1,45 et 1,65. En somme *D. maroccanus* paraît ne pas devoir acquérir, dans nos départements méridionaux, les caractères que Pasquier a précisés chez les grégaires algériens. Ceci paraît d'ailleurs se rapprocher de ce qui a été constaté pour les mêmes insectes dans d'autres régions européennes, en Italie en particulier.

3° *Locusta migratoria* L. — La multiplication de *L. m. migratorioides*, qui, dès 1941, avait été signalée sur son aire grégarigène de la boucle du Niger, paraît avoir été stoppée, grâce à l'activité des services locaux et plus spécialement du Service de Recherches et de Surveillance, dirigé par M. Mallamaire; mais celle-ci nécessite une attention sans défaillance si l'on veut transformer en réalités les déductions qui ressortent des recherches de B. Zolotarevsky.

A Madagascar par contre, Frappa observa, en 1944, l'apparition soudaine de foyers grégarigènes de *Locusta migratoria capito* et de *Nomadacris septemfasciata* dans des contrées qui, depuis 20 ans, avaient été tenues pour défavorables à la formation des essaims migrateurs (régions d'Ambovombé et de Bétroka).

Enfin la multiplication la plus imprévue de *Locusta migratoria* en 1945, se situe en France même, dans le département de la Gironde, dans la lande qui forme une ceinture à l'ouest et au sud-ouest de Bordeaux, à environ 25^{km} de cette ville. En effet j'ai reçu, d'abord de M. Feytaud, trois échantillons adultes (1 ♂ et 2 ♀) et quelques larves au dernier stade, puis ensuite de nombreux individus ailés adressés par J. Carayon. A première vue, ces insectes ont nettement les caractères de morphologie externe attribués à une phase *gregaria* de *L. migratoria* : coloration générale gris marron, sans aucune trace de vert; carène dorsale, quoique présente, non convexe, mais rectiligne ou même légèrement concave; les deux sexes, en général sont de même taille. Comme aspect, les échantillons de la Gironde diffèrent nettement des exemplaires de *L. m. migratoria* qui existent dans les collections du Muséum d'Histoire Naturelle. Quant aux données biométriques [1], sur 5 mâles et 5 femelles, elles nous ont donné les premiers résultats suivants (en millimètres) :

---

(1) La plupart des échantillons étaient incontestablement fraîchement éclos quand ils ont été tués et les mesures constatées ne doivent pas tout à fait correspondre à celles d'exemplaires moins plastiques.

	♀		♂	
Élytre (E)	de 44	à 49	de 40	à 45
Fémur (F)	22	27	20	23
Long. du pronotum (P)	8	10	7	8
Haut. « (H)	8	9	6	8
Larg. « (M)	6	7	6	7
» de tête (C)	7	8	6	7

Les index structuraux moyens sont respectivement pour chaque sexe

$$♀\ \frac{E}{F}=1,94 \quad 1,78 \quad 2,22, \qquad \frac{P}{C}=1,14, \qquad \frac{H}{C}=1,09, \qquad \frac{M}{C}=0,88,$$

$$♂\ \frac{E}{F}=1,89 \quad 1,78 \quad 2,00, \qquad \frac{P}{C}=1,18, \qquad \frac{H}{C}=1,08, \qquad \frac{M}{C}=0,81.$$

Ces premières données, comparées à celles apportées par Z. V. Waloff (1940), nous permettent, en première approximation, de placer la race de *L. migratoria* de la Gironde entre *migratoria* et *rossica*; mais l'étude d'un nombre abondant d'individus nous précisera la situation exacte. Il apparaît comme probable que l'on se trouve en présence de *congregans* d'une race particulière, qui a trouvé la possibilité de se créer, par suite de conditions exceptionnelles, en Gironde, dans une zone sablonneuse parsemée d'étangs et de clairières à Graminées au milieu de la forêt de Pins. Ce phénomène rappelle les pullulations constatées dans le Valais (1836 à 1839, 1858) et au Bourg d'Oisans (1858).

En conclusion, les récentes multiplications de *Locusta migratoria*, tant à Madagascar qu'en Gironde, montrent que, si le mystère qui entourait la biologie des Acridiens migrateurs a été largement éclairci depuis une quinzaine d'années, il reste encore beaucoup à découvrir pour expliquer la formation de *gregaria* en dehors des aires grégarigènes caractérisées et pour arriver à la solution concrète du problème acridien.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie et mésomérie. Les rapports de la couleur d'halochromie avec la constitution dans le groupe des caroténoïdes et de la vitamine D.* Note (1) de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

La théorie présentée en 1942 (2) pour la réaction de la vitamine A, dite *de Carr-Price*, m'a déjà suggéré la structure de la vitamine A dite cyclisée, l'*axérophtène*, et d'un pigment nouveau, l'*éther bi-axérophtylique* [(3) *a* et *b*]. Elle me permet aujourd'hui de dégager une relation simple entre la couleur d'halochromie d'un composé de ce groupe et sa constitution chimique.

---

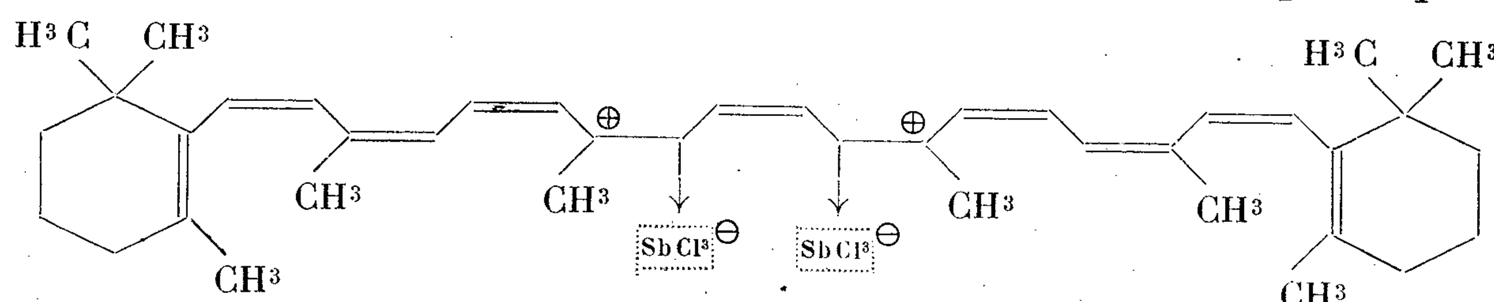
(1) Séance du 11 juin 1945.

(2) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 470.

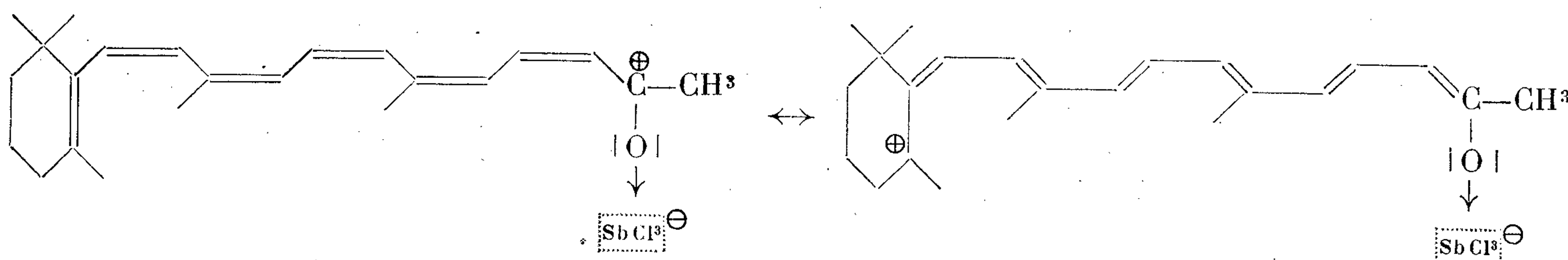
(3) *a.* P. Meunier, R. Dulou et Mlle A. Vinet, *ibid.*, **216**, 1943, p. 907; *b. ibid.*, **219**, 1944, p. 141.

Dans l'adsorption de la vitamine A sur le réactif ($SbCl^3$, argile acide), l'oxygène alcoolique joue le rôle de donateur d'électrons. La position de la bande d'absorption de la réaction bleue ainsi obtenue, 620$^{m\mu}$, avait pu être rapportée à *l'oscillation* consécutive des *cinq* doubles liaisons de l'axérophtol (2).

J'ai pu de même attribuer à l'oscillation de deux systèmes de *quatre* doubles liaisons conjuguées la couleur que prend le β-carotène sous l'influence du $SbCl^3$. Voici l'une des formules limites de la mésomérie ainsi provoquée (4) :



Ici, les donateurs d'électrons sont deux carbones, et le maximum d'absorption lumineuse n'est plus qu'à 589$^{m\mu}$. C'est exactement le cas de l'éther bi-axérophtylique, dont l'oxygène central ne peut servir de donateur d'électrons pour les raisons indiquées en [(3) *b*]. Quant à la cétone de Batty et coll., (5), nous rapportons l'halochromie à laquelle elle donne lieu sous l'inflence de $SbCl^3$ au phénomène de mésomérie suivant :



Ici l'oxygène cétonique redevient le donateur d'électrons et les liaisons *oscillantes* sont au nombre de six, tandis que le maximum d'absorption lumineuse se place à 646$^{m\mu}$ (5).

On peut en somme attribuer les trois valeurs des maxima d'absorption 589, 620 et 646$^{m\mu}$ observées à des phénomènes de mésomérie intéressant respectivement 4, 5 et 6 doubles liaisons conjuguées. Graphiquement la relation apparaît sensiblement linéaire (voir la figure) entre ces longueurs d'onde et le nombre de doubles liaisons *oscillantes*, comme pour les colorants parfois désignés du nom général de *cyanines* (6). Nous voyons par là que le phénomène d'halochromie consiste essentiellement dans le passage d'un corps de l'état de *polyéne*, où les doubles liaisons sont dans une position bien déterminée, à l'état de *cyanine*, où celles-ci peuvent occuper deux positions voisines avec autant de probabilité.

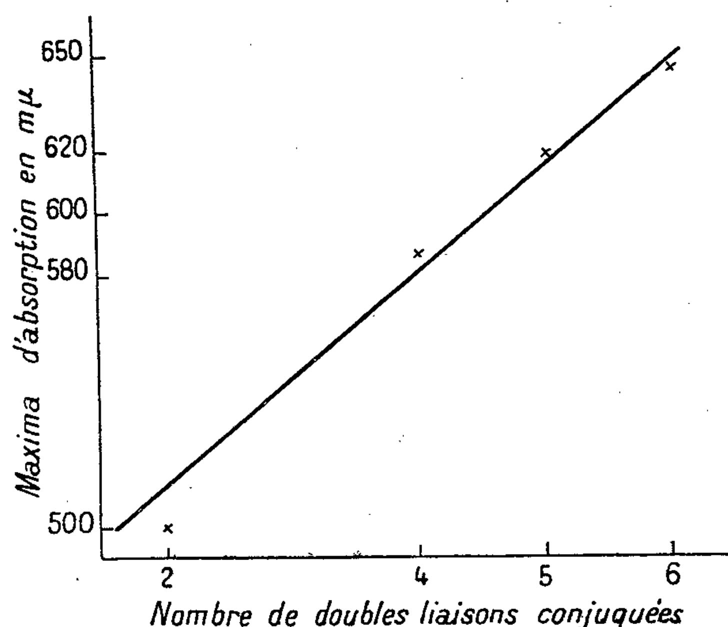
---

(4) Les schémas adoptés ici sont sans signification stéréochimique.

(5) Batty, Burawoy, Harpes, Heilbron et Jones, *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 175.

(6) Schwarzenbach et Weber, *Helv. Chim. Acta*, 25, 1942, p. 1628.

Or la réaction de la vitamine D_2 avec $SbCl^3$ (max. $500^{m\mu}$), [7], obéit à la même loi et son point représentatif, pour *deux* doubles liaisons *oscillantes*,



vient sensiblement s'aligner sur les points précédents (voir la figure); cela confirme bien que, dans ces réactions, le système de doubles liaisons conjuguées est essentiel. Quant aux réactions qui n'obéissent pas à la règle générale précédente, on peut à leur sujet envisager une ouverture de cycle d'une formule limite à l'autre, comme nous l'avons déjà fait pour le cholestérol [8]. Ce pourrait être le cas de la lutéine et de la zéaxanthine, porteurs de cycles oxygénés et fournissant avec $SbCl^3$ une bande supplémentaire à $620^{m\mu}$ (outre celle qui leur est commune avec le β-carotène, à $589^{m\mu}$). Pour la réaction de la vitamine A_2 (maximum à $693^{m\mu}$), il faudra envisager une rupture complète de la molécule, le cycle étant déjà ouvert [9].

Les faits précédents appellent une dernière remarque. Les colorations qui apparaissent au cours de ces *adsorptions ionisantes* prouvent que tout ou partie du système de doubles liaisons conjuguées de ces molécules est libre d'*osciller* entre deux carbones, et est par conséquent sans liaison avec l'adsorbant, cette liaison n'ayant lieu que par l'intermédiaire d'un ou de deux atomes à octet stable (oxygène ou certains carbones privilégiés).

IMMUNOLOGIE. — *Sur la constitution de la sérum-albumine et sur le rôle de la sérum-globuline dans les accidents séro-anaphylactiques.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Gaston Ramon.

A la suite de ses mémorables expériences d'électrophorèse Tiselius [1] déclare, que la sérum-albumine, préparée par le sulfate d'ammonium se

(7) Mlle G. Thibaudet, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 751.

(8) P. Meunier, *Sur la réaction dite de Salkowski* (*ibid.*, **217**, 1943, p. 78).

(9) P. Karrer et Bretscher, *Helv. Chim. Acta*, **26**, 1943, p. 1758.

(1) *Biochem. J.*, **31**, 1937, pp. 313 (*a*) et 1464 (*b*).

comporte comme un mélange de deux protéides dont l'un, par sa mobilité, s'identifierait à la sérum-globuline.

Nous avons signalé ([2]) que les sels d'uranium et de thorium (nous y ajoutons les sels de cuivre) ont la propriété de précipiter une fraction (désignons-la par B) de cette sérum-albumine, à condition que cette dernière ait été, au préalable, soigneusement déminéralisée par dialyse et de ne précipiter le reste des protéides qui la constituent (fraction A) que si on la reminéralise fortement (Na Cl).

On peut se demander si l'une de ces fractions A ou B ne serait pas constituée par les molécules globuliniques de Tiselius.

Pour séparer ces deux fractions il suffit de précipiter B. Pour cela on ajoute, goutte à goutte, à la sérum-albumine dialysée, l'un des réactifs (nitrate d'uranium à $0^{g},5\ {}^{0}/_{00}$ par exemple); B précipite, on le sépare par centrifugation; le surnageant, qui ne contient plus que A, est, par dialyse, débarrassé de l'excès du réactif puis isotonisé; soit V son volume, on dissout B dans le même volume d'eau physiologique, de façon à obtenir deux solutions d'égal volume contenant l'une B et l'autre A.

Le tableau ci-dessous indique comment ces deux fractions se répartissent dans leurs solutions, en donnant pour chacune d'elles les poids, en milligrammes, des extraits secs :

Nature du sérum.....	Homme.	Cheval.	Bœuf.	Mouton.
Solution A...............	174	165	181	170
Solution B...............	51	42	61	49

Faisant appel aux réactions immunologiques, nous avons essayé de déterminer si les molécules globuliniques que, d'après Tiselius, le sulfate d'ammonium laisse subsister dans la sérum-albumine sont localisées dans une seule de nos fractions A ou B. L'étude des pouvoirs anaphylactiques et antigènes va nous donner la solution.

Voici la technique de nos expériences, d'abord pour le pouvoir anaphylactique, ensuite pour le pouvoir antigène.

a. Trois séries de Cobayes reçoivent une injection intrapéritonéale de $0^{cm^3},5$: la première de solution A, la seconde de solution B et la troisième d'une solution de sérum-globuline (euglobuline ou pseudo-globuline). Un mois après l'on recherche le choc anaphylactique par l'injection intracardiaque de 1^{cm^3} de solution A ou B; les résultats sont nets, le tableau suivant en fournit un exemple :

Cobayes préparés par	Injections intracardiaques faites par solution A.	solution B.
Solution A...........	pas de choc	pas de choc
» B...........	»	choc type et mortel
Sérum-globuline......	»	»

([2]) *Annales Inst. Pasteur*, 1944.

b. On provoque ensuite la formation de précipitines anti-A, anti-B ou anti-globuline. Pour cela on prépare trois séries de lapins, la première par la solutions A, la deuxième par la solution B et la troisième par une solution de sérum-globuline.

Quel que soit le nombre des injections préparantes on ne voit pas apparaître dans le sérum des lapins traités par A la précipitine anti-A, pas plus d'ailleurs que les précipitines anti-B, anti-globulines ou anti-sérum.

Par contre les Lapins préparés par B fournissent un sérum précipitant indistinctement B, la sérum-globuline ou le sérum complet, mais sans action sur A. Il en est de même des Lapins préparés par la sérum-globuline.

Le tableau suivant donne un exemple de ces résultats. Les Lapins ont été préparés par des produits tirés du sérum de Cheval. Les signes + et — indiquent respectivement la présence ou l'absence de précipitation.

	Précipitations avec			
Lapins préparés par	solution A.	solution B.	sérum-globuline.	sérum complet.
Solution A..................	—	—	—	—
» B..................	—	+	+	+
Sérum-globuline............	—	+	+	+

Ainsi, par ses propriétés anaphylactiques et par son pouvoir antigène, B s'identifie à la sérum-globuline alors que, par son inertie totale, A s'en différencie.

Il apparaît donc, comme l'énonce Tiselius, que le sulfate d'ammonium laisse bien subsister des molécules globuliniques dans la sérum-albumine et que B s'identifie à elles.

Ces expériences montrent, en plus, que la sérum-globuline est non seulement l'agent anaphylactisant du sérum sanguin et, par conséquent, la seule responsable des accidents séro-anaphylactiques, mais aussi la seule fraction sérique à laquelle doit être attribuée la formation des précipitines anti-sérum.

La séance est levée à 15h40m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUILLET 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL dépose sur le bureau une Notice intitulée *Joseph Bethenod, sa vie et son œuvre*, par GEORGES DARRIEUS, extrait du *Bulletin de la Société française des Électriciens*.

M. le PRÉSIDENT annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le lundi 17 décembre 1945.

M. LOUIS BLARINGHEM fait hommage à l'Académie de deux Mémoires extraits des *Annales des Sciences naturelles*, séries *Botanique* et *Zoologie* :

1° *Xénie et fascies florales du tournesol* (Helianthus annuus *L.*), illustré d'une aquarelle de Mlle J. VESQUE;

2° *Pierre Allorge* (1891-1944) *et la Géographie botanique raisonnée*.

CORRESPONDANCE.

M. ELMER DREW MERRILL, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. JEAN COURNOT adresse un Rapport relatif à l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

M. ROGER HEIM prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la Chaire de *Cryptogamie* vacante au Muséum national d'Histoire naturelle.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les fonctions de type positif.* Note de M. ROGER GODEMENT, présentée par M. Élie Cartan.

1. G désigne un groupe localement compact quelconque (élément unité e); C est l'espace de Banach, dont les éléments sont les fonctions numériques complexes, bornées et continues $f(x)$ sur G, muni de la topologie $\mathcal{T}_u$ définie

par la norme

(1) $$\|f\| = \sup_{x \in G} |f(x)|.$$

Les *translatées* (à gauche) d'une fonction $f \in C$ sont définies par

(2) $$U_x f(t) = f_x(t) = f(x^{-1}t);$$

on appelle V_f le sous-espace vectoriel de C engendré par les f_x, L_f sa fermeture dans C.

Une $f \in C$ est de type positif ([1]) sur G si, quels que soient les éléments $s_1, \ldots, s_n \in G$ et les nombres $\rho_1, \ldots, \rho_n$, on a

(3) $$\sum_{i,j=1}^{n} \rho_i \bar{\rho}_j f(s_i^{-1} s_j) \geqq 0;$$

on sait qu'alors

(4) $$\|f\| = f(e) \geqq 0, \qquad f(x^{-1}) = \bar{f}(x).$$

On note $\mathfrak{T}$ l'ensemble de ces fonctions, $\mathfrak{V}$ la variété linéaire engendrée par $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{L}$ la fermeture de $\mathfrak{V}$ dans C. $\mathfrak{T}$ est évidemment connexe et fermé dans C (fortement et faiblement).

2. H étant un espace de Hilbert, et U_x une représentation unitaire de G dans H, supposée continue, la fonction

(5) $$f(x) = (X, U_x X)$$

est, pour chaque $X \in H$, de type positif sur G. Réciproquement :

Théorème. — *Toute $f \in \mathfrak{T}$ définit une représentation unitaire de* G.

Soient pour cela

(6) $$g = \Sigma \alpha_i f_{s_i}, \qquad a = \Sigma \beta_j f_{t_j},$$

deux éléments de V_f. On pose

(7) $$(g, h) = (g_x, h_x) = \sum_{i,j} a_i \bar{\beta}_j f(s_i^{-1} t_j), \qquad \|g\|^2 = (g, g) \geqq 0,$$

d'où

(8) $$g(x) = (g, f_x), \qquad f(x) = (f, f_x).$$

On vérifie aisément que (g, h) est une fonction bien déterminée de g et h et possède toutes les propriétés d'un produit scalaire hermitien; d'après (8) et l'inégalité de Schwarz on a donc

(9) $$\|g\| \leqq |f| \cdot |g|, \qquad \|f\|^2 = f(e),$$

ce qui montre que $\|g\| = 0$ équivaut à $g = 0$. Par suite (g, h) définit sur V_f une

([1]) Cf. A. Weil, *Actual. Scient. et Ind.*, 869, Paris, 1940; spécialement les Chap. III et IV.

structure d'espace de Hilbert, non complet en général. Le complété H_f de V_f pour cette structure est un véritable espace de Hilbert qui, d'après (9), est réalisable dans L_f. Le théorème résulte alors de (8) et de l'unitarité évidente de U_x dans H_f.

Corollaire 1. — Toute $f \in \mathcal{L}$ est uniformément continue sur G ([2]).

Corollaire 2. — Pour G abélien, les théorèmes de Bochner ([1]) et de Stone ([2]) généralisés sont équivalents.

Corollaire 3. — Le sous-espace $\mathcal{L}$ de C est invariant par translation.

Pour une $f \in \mathfrak{P}$, cela résulte de

$$\begin{aligned} 4(g, f_x) = &\ (g+f,\ g_x+f_x) - (g-f,\ g_x-f_x) \\ &+ i(g+if,\ g_x+if_x) - i(g-if,\ g_x-if_x), \end{aligned}$$

en sorte que toute fonction de V_f peut se mettre sous la forme

$$f_1 - f_2 + i(f_3 - f_4), \qquad \text{où} \qquad f_1, \ldots, f_4 \in \mathfrak{P}.$$

Corollaire 4. — Le plus petit convexe fermé invariant (à gauche et à droite) de C contenant une $f \in \mathcal{L}$ est faiblement ([3]) compact.

3. U_x étant une représentation unitaire continue de G dans un espace de Hilbert H, et X un élément de H, il est facile de voir que l'espace H_f de la fonction $f(x) = (X, U_x X)$ est isomorphe à la plus petite variété linéaire fermée H_x de H contenant les $U_x X$; c'est-à-dire qu'il existe une correspondance $g \rightleftharpoons Y$, biunivoque et linéaire, entre H_f et H_x telle que l'on ait

$$(g, g'_x) = (Y, U_x Y'),$$

identiquement en g, g', x.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Étude de la stabilité des flammes à la tête des brûleurs cylindriques*. Note de M. **Paul Delbourg**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'un mélange gazeux combustible, s'écoulant dans un tube cylindrique avec une vitesse moyenne U, est enflammé à l'extrémité ouverte de celui-ci, il se produit soit une stabilisation de la flamme à cet endroit, si U est supérieure à une certaine valeur critique U_c, soit une propagation de la flamme à l'intérieur du tube, si U est inférieure à U_c.

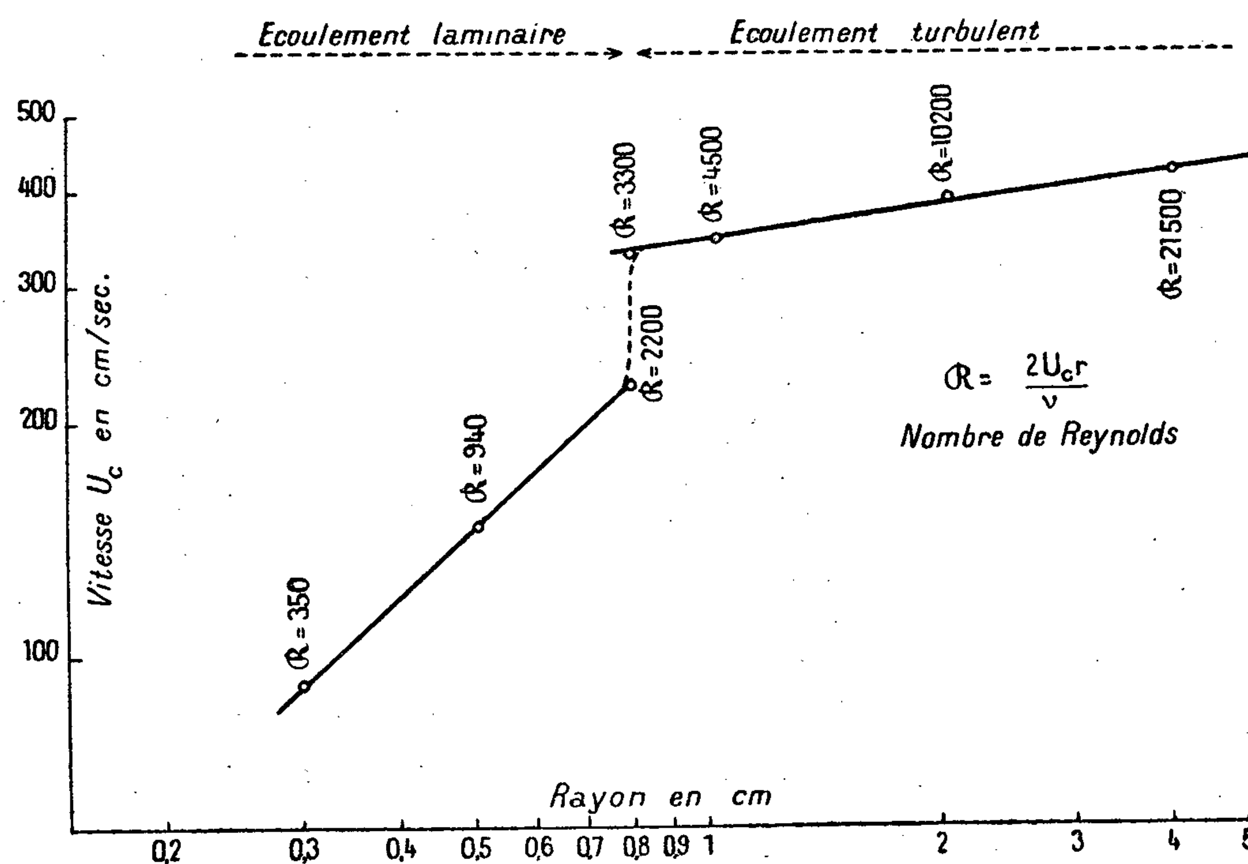
Nous déterminons expérimentalement U_c en diminuant progressivement le débit et en mesurant la valeur de ce débit au moment où la flamme cesse d'être stable. Le tube possède une longueur telle que le régime d'écoulement est parfaitement établi à son extrémité ouverte.

([2]) Cf. R. Godement, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 901-903.

([3]) Il s'agit bien entendu de la topologie faible sur C en tant qu'espace de Banach. Cf. J. Dieudonné, *Ann. Éc. Norm. sup.*, 59, 1942, pp. 107-139.

Le mélange gazeux utilisé est composé de gaz de ville et d'air dans les proportions de la combustion complète.

La variation de U_c (en cm/sec.) en fonction du rayon du tube r (en cm) est représentée en coordonnées logarithmiques par le graphique suivant :



La courbe présente 3 zones distinctes :

1° $\mathcal{R} < 2200$, une région laminaire (flamme stable et de forme constante)

(1) $$U_c = 5{,}6 + 281\,r;$$

2° $2200 < \mathcal{R} < 3300$, une région transitoire, assez mal définie, dans laquelle U_c augmente très rapidement pour de faibles variations de r.

3° $\mathcal{R} > 3300$, une région turbulente (flamme dont la surface est animée de mouvements désordonnés)

(2) $$U_c = 346\,r^{\frac{1}{7}}.$$

La variation de U_c en fonction de r peut être expliquée de la façon suivante :

En chaque point de la flamme nous avons la relation de Gouy

$$u\cos\alpha = V,$$

u, vitesse du fluide, $u = u(U, y)$; y distance à la paroi;
V, vitesse fondamentale, fonction de la conductibilité calorifique λ du mélange combustible, $V = f(\lambda)$.

La vitesse u décroissant de l'axe à la paroi, il existe à la distance y_0 de celle-ci, un point P où $\cos\alpha = 1$, c'est-à-dire $u = V$.

Au delà du point P, u étant inférieure à V, il ne peut y avoir stabilité de la flamme qui tend à remonter le courant gazeux, mais ceci ne peut se produire au voisinage immédiat de la paroi, car l'action refroidissante de celle-ci empêche

l'inflammation du mélange jusqu'à une certaine distance a du bord du tube : il n'y aura donc propagation que si y_0 est supérieure à a. Il est logique d'admettre que a est indépendant du rayon du tube, mais fonction de λ et de u.

La relation de stabilité s'écrit alors

$$u(U_c, a) = f(\lambda). \tag{3}$$

Le petit intervalle a est facilement observable, notamment dans le cas des flammes laminaires.

Écoulement laminaire. — Les grandeurs $\lambda = \lambda_0$ et $V = f(\lambda_0) = V_0$ sont constantes, en tous les points de la flamme.

La formule (3) s'écrit

$$U_c = V_0\left(\frac{1}{8} + \frac{r}{4a}\right). \tag{4}$$

Cette relation, comparée avec la formule (1), donne $V_0 = 45$ cm/sec., $a = 0^{mm},40$. Ces valeurs concordent parfaitement avec les valeurs observées.

Écoulement turbulent. — Lorsque l'écoulement est turbulent, la conductibilité effective n'est plus constante en chaque point de la section du tube : le transfert de matière introduit une conductibilité turbulente λ_t qui s'ajoute à la conductibilité laminaire λ_0.

Des considérations relatives au transport de chaleur dans le noyau turbulent conduisent à mettre la conductibilité totale $\lambda = \lambda_0 + \lambda_t$ sous la forme

$$\lambda = \varphi(y, U, r).$$

La relation (3) se trouve alors satisfaite si $U_c = K r^{\frac{1}{7}}$, formule en bon accord avec l'expérience.

Conclusion. — La stabilité des flammes dépend beaucoup plus des phénomènes se produisant dans les régions de faibles vitesses du fluide (c'est-à-dire au voisinage de la paroi), que de ceux observés dans toute la section du tube.

C'est ainsi qu'en régime d'écoulement turbulent, la vitesse critique U_c croît beaucoup moins rapidement avec r qu'en régime d'écoulement laminaire, bien que la vitesse fondamentale V augmente avec le degré de turbulence.

CHALEUR. — *Températures de sublimation du carbone sous pression réduite.* Note de M. **Gustave Ribaud** et Mlle **Juliette Bégué**, présentée par M. Aimé Cotton.

De sérieuses divergences subsistant sur les valeurs des températures de sublimation du carbone à des pressions inférieures à 1^{atm}, nous avons été amenés à reprendre les mesures. Dans ce but nous avons réalisé la vaporisation, sous un vide partiel, d'un cylindre de graphite par chauffage à haute fréquence; un pyromètre à filament disparaissant, pointé sur un corps noir ménagé dans le cylindre, fournit la température de vaporisation.

I. *Description de l'installation.* — Le creuset en graphite, cylindrique, de

diamètre 20mm et de hauteur 50mm, est percé, selon l'axe, d'un canal profond de 40mm et d'un diamètre de 4mm, qui constitue le corps noir indiqué ci-dessus. Il porte à la partie supérieure un cône de graphite destiné aux visées pyrométriques, et repose sur un support de même substance, en partie cylindrique, en partie conique, par où les vapeurs produites sont évacuées grâce à un courant d'argon convenablement aménagé.

Ce creuset est centré dans un four à induction de haute fréquence constitué par un enroulement en tube de cuivre refroidi par une circulation d'eau et bobiné sur un tube de quartz; le calorifuge utilisé est du noir de fumée convenablement tassé; le tube de quartz porte à sa partie supérieure une pièce de laiton permettant l'entrée de l'argon de circulation et munie d'une glace de visée; à la partie inférieure se trouve une pièce analogue refroidie par une circulation d'eau et permettant la sortie de l'argon vers la pompe à vide. Sur le circuit gazeux sont intercalés les manomètres et robinets nécessaires à la mesure de la pression et au réglage du débit gazeux, ainsi qu'un dispositif de réglage de ce débit.

Le courant électrique de haute fréquence est fourni par le circuit oscillant d'une installation à étincelles, pouvant débiter jusqu'à 125 ampères.

II. *Techniques et résultats des mesures.* — Avant tout, le creuset est calciné pendant une demi-heure au moins à 2500° environ, afin d'éliminer les impuretés du graphite.

Deux techniques différentes ont été utilisées pour les mesures :

1° Après avoir chauffé assez lentement jusque vers 2000°, on applique une puissance plus que suffisante pour atteindre la vaporisation; la courbe de montée de la température en fonction du temps se termine par un palier donnant la température de vaporisation.

2° On applique successivement des puissances croissantes, en mesurant pour chacune d'elles la température de régime et l'on trace la courbe de variation des températures de régime en fonction de la puissance; celle-ci aussi se termine par un palier donnant la température de vaporisation cherchée.

Les résultats obtenus par les deux méthodes sont concordants.

Les expériences ont porté sur une gamme de pressions allant de 3 à 76cm de Hg; les résultats lus sont indiqués entre parenthèses dans le tableau suivant; on y a fait figurer en outre les valeurs régularisées.

Pression cm Hg.	Température (°K.) régularisée.	brute.	Pression cm Hg.	Température (°K.) régularisée.	brute.
3	3440	(3440)	30	3578	(3580)
6	3456	(3456)	34	–	(3605)
10	3480	(3490)	35	3600	(3630)
15	3510	(3490)	45	3645	(3627)
19	3528	(3537)	45,5	–	(3660)
21,5	–	(3500)	50	3666	(3657)
22	–	(3503)	60	3708	(3706)
23	3546	(3522)	76	3764	(3764)
26	3560	(3540)			

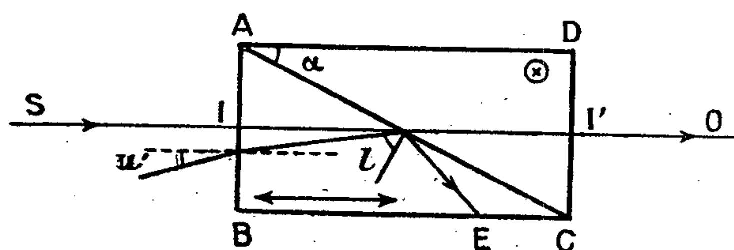
Entre 3 et 76^{cm}, le température T (°K.) peut être représentée en fonction de la pression p (cm de Hg) par la formule parabolique

$$T = 3424 + 5,37p - 0,0118(3)p^2.$$

OPTIQUE. — *Emploi du nitrate de sodium dans la construction de polariseurs à champ normal.* Note de MM. **Charles Bouhet** et **R. Lafont**, présentée par M. Aimé Cotton.

La grande similitude des propriétés optiques des cristaux de spath et de nitrate de sodium a incité depuis longtemps les physiciens à utiliser ces derniers cristaux pour réaliser des polariseurs. On se heurte dans cet emploi à une grosse difficulté, qui tient à la faiblesse relative des deux indices du nitrate de sodium n_e 1,336 et n_0 1,586. Pour des polariseurs de Glazebrook taillés de la façon classique, on est conduit avec le nitrate à des valeurs beaucoup trop élevées et inadmissibles du rapport L/l de la longueur $L = AD$ à la largeur $l = AB$ de la face d'entrée. Pour un Glazebrook ayant un champ symétrique total $2u' = 4°$ seulement, L/l atteint la valeur 5,2 dans le cas du nitrate au lieu de 2,8 dans le cas du spath. On a réalisé également des polariseurs constitués par une lame de nitrate collée entre deux prismes de verre [1]; on est alors gêné par la trempe du verre traversé sous une grande épaisseur.

On peut cependant réaliser des polariseurs à champ normal entièrement en nitrate de sodium en les taillant comme des biréfringents de Rochon, mais avec une face de collage faisant avec la face d'entrée un angle suffisamment élevé. Un tel polariseur se compose de deux prismes ABC et CDA collés au baume de Canada ($n = 1,53$). Dans le premier prisme l'axe optique est perpendiculaire à la face d'entrée; le rayon incident SI



ne s'y dédouble pas et s'y propage avec l'indice n_0 1,586. Dans le deuxième prisme l'axe optique est perpendiculaire au plan de la figure; le rayon ordinaire s'y propage avec le même indice n_0 que dans le premier; il traverse donc tout le polariseur sans déviation et sort en I′ perpendiculairement à la face de sortie CD. Le rayon extraordinaire passe au contraire d'un milieu d'indice n_0 1,586 à un milieu d'indice n_e 1,336; l'angle limite correspondant l, a la valeur $l = 57°24'$. Si l'angle de coupe α

[1] Stober, *Zeits. Krist.*, **61**, 1925, p. 315.

est inférieur à $\pi/2 - l = 32°36'$, ce rayon est réfléchi totalement à l'entrée dans le deuxième prisme.

Pour des rapports L/l de 1,7 et 2 seulement, les valeurs de α sont respectivement de 30°28′ et 26°30′; les champs totaux $2u'$ des polariseurs correspondants sont de 6°43′ et 19°12′. On pourrait obtenir des champs encore plus grands en prenant des rapports L/l plus élevés, et en collant les prismes avec une colle d'indice égal à n_0, obtenue en ajoutant au baume de Canada un liquide d'indice élevé, ce qui éviterait la réflexion totale du rayon ordinaire sur la couche de colle.

Ce polariseur peut servir d'analyseur en tournant la face AB du côté de l'observateur, mais il fonctionne alors comme biréfringent. Il est cependant d'un emploi encore commode dans ce cas; l'angle des deux rayons émergents atteignant des valeurs élevées (de l'ordre de 21° et 24° pour les deux polariseurs cités), il est alors facile d'éliminer le rayon extraordinaire. Naturellement, si l'on se sert d'un tel polariseur en sens inverse des sens indiqués, on observera en lumière non parallèle la figure d'interférences des uniaxes perpendiculaires à l'axe, en particulier la croix noire.

On peut doubler la largeur des faisceaux donnés par le polariseur en le complétant par un second prisme, symétrique de celui qui est figuré par rapport au plan AD (comme on le fait dans le prisme d'Ahrens). La face AD est supprimée, ABC et son symétrique ne faisant qu'un bloc.

Lorsqu'on emploie des rayons assez inclinés sur le rayon central, de tels types de polariseurs, dans lesquels les rayons cheminent pendant une partie de leur trajet dans une direction voisine de celle de l'axe optique, présentent cependant un inconvénient. Dans ce cas il se produit en réalité, à l'entrée dans le prisme (¹), deux rayons très voisins, l'un ordinaire, l'autre extraordinaire, dont l'orientation des vibrations correspondantes dépend de l'azimut du plan d'incidence autour de la direction de l'axe optique. Le rayon extraordinaire se propageant dans une direction assez voisine de celle de l'axe optique, l'indice correspondant est également assez voisin de n_0, et ce rayon n'est pas éliminé complètement par la réflexion totale. A la sortie du polariseur on obtient donc en réalité deux rayons très voisins transportant tous les deux une vibration ordinaire contenue dans le plan de la figure. Ce défaut n'est vraiment gênant que pour des rayons incidents notablement inclinés sur le rayon central, dans le cas où les faisceaux sont étroits.

Le nitrate de sodium peut également être utilisé avec avantage dans la construction de polariseurs de Glan. Les angles limites relatifs aux deux rayons ont pour valeurs : $l_e = 48°28'$; $l_0 = 39°6'$; en prenant un rapport $L/l = 0,95$, soit un angle de coupe $\alpha = 46°40'$, on obtient un champ total symétrique de 13°36′, au lieu de 8° pour le spath.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Simplification à la synthèse des aldéhydes aromatiques selon Gattermann et Koch.* Note ([1]) de M. **Léonce Bert**.

Gattermann et Koch ont découvert qu'un mélange équimoléculaire d'oxyde de carbone et de gaz chlorhydrique se comportait, en présence d'un carbure benzénique ArH, de chlorure cuivreux et de chlorure d'aluminium anhydres, comme le chlorure de formyle hypothétique HCO Cl et engendrait dès lors l'aldéhyde aromatique ArCHO par réaction de Friedel et Crafts :



$$ArH + HCOCl = ArCHO + ClH.$$

Ce bon procédé classique ne jouit pas de la faveur qu'il mérite, sans doute à cause de l'appareil encombrant et compliqué et de la surveillance exigés.

Bien peu de laboratoires en effet sont en mesure de réaliser simplement le mélange gazeux réactionnel CO + ClH aux dépens d'une bombe à CO comprimé et d'une bombe à ClH liquéfié.

ClH se prépare ordinairement par action de SO^4H^2 sur ClNa ou ClAm fondus ou sur l'acide chlorhydrique concentré.

CO est obtenu en chauffant de l'acide oxalique, ou mieux formique, en présence d'un excès d'acide sulfurique concentré.

L'un et l'autre gaz sont séchés avant mélange et emploi.

Nous avons trouvé dans l'action de la chlorhydrine sulfurique sur l'acide formique une simplification radicale à la préparation du mélange CO + ClH.

Lorsqu'on ajoute goutte à goutte de la chlorhydrine sulfurique à de l'acide formique anhydre, il se produit aussitôt un dégagement équimoléculaire d'oxyde de carbone et de gaz chlorhydrique secs, conformément à l'équation $H.CO.OH + SO^3ClH = CO + ClH + SO^4H^2$, qui fixe le volume du générateur en fonction de celui du mélange gazeux désiré.

La réaction se produit à la température ambiante; elle provoque même, ce qui est fort remarquable, un abaissement marqué de température lorsque l'émission de gaz est rapide. La vitesse du dégagement gazeux est proportionnelle à la vitesse d'addition de la chlorhydrine. Les gaz, se dégageant dans un milieu anhydre, n'ont pas besoin d'être séchés et peuvent être admis tels quels dans le mélange agité du carbure benzénique et des catalyseurs.

Pratiquement, le nombre de litres de gaz est, à la température et sous la pression ordinaires, sensiblement égal au nombre de grammes d'acide

([1]) Séance du 2 juillet 1945.

formique anhydre (ou même à 96-98 %) mis en œuvre. Avec de l'acide formique industriel à 96-98 %, la chlorhydrine réagit d'abord sur les 2-4 % d'eau de l'acide, avec faible dégagement de chaleur et départ de ClH seul; puis, dès que l'acide a été rendu anhydre, tout se continue comme ci-dessus. On tient compte, bien entendu, dans le calcul de la quantité de chlorhydrine nécessaire, de celle voulue par les 2-4 % d'eau à combiner selon : $SO^3ClH + H^2O = ClH + SO^4H^2$.

L'appareil et la conduite de l'opération sont des plus simples. On prend comme générateur un récipient quelconque, obturable, par un bouchon percé de deux trous traversés l'un par un tube abducteur et l'autre par la tige, capillaire ou étirée en pointe capillaire, d'une ampoule à brome. Il convient que cette tige soit longue d'au moins 20^{cm}.

On introduit l'acide formique dans le récipient sec et la chlorhydrine dans l'ampoule à brome sèche, en ayant bien soin d'en remplir la tige. On règle l'affusion de chlorhydrine et l'appareil fonctionne à la température ambiante, sans à-coups, jusqu'à épuisement de la provision de chlorhydrine de l'ampoule à brome.

Bien que la chlorhydrine sulfurique soit trois fois plus chère que l'acide sulfurique à 66° Bé, notre procédé n'est pas plus coûteux en réactifs que celui de Gattermann et Koch et il fait l'économie de calories et de surveillance. La simplification d'appareillage saute aux yeux.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Isolement des cultures pures de parenchyme de Vigne.* Note de M. **Georges Morel**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les recherches de nombreux auteurs, Carrel, Ebeling, Fischer, Lewis etc., ont montré qu'il était relativement aisé d'obtenir *in vitro* des cultures pures de différents tissus animaux.

Ces auteurs ont en effet isolé et cultivé des épithéliums, des tissus nerveux, musculaires ou conjonctifs formés de cellules toutes identiques. Ces tissus, au moment de leur prélèvement sur l'animal, étaient en général composés de plusieurs types cellulaires et, lorsqu'on les mettait en culture dans un milieu approprié, on observait la dégénérescence rapide de leurs éléments à l'exclusion d'un seul type, que l'on isolait ainsi à l'état pur après quelques passages.

Au contraire, dans le cas des cultures de tissus végétaux, les colonies comportent toujours plusieurs types cellulaires. C'est ainsi qu'en cultivant isolément les principaux tissus de la racine d'Endive : parenchyme vasculaire, parenchyme libérien, tissu cambial, Gautheret a constaté qu'au cours de sa prolifération chaque tissu engendrait les deux autres types tissulaires que comporte la racine d'Endive. Le tissu cambial produisait du paren-

chyme vasculaire et du liber; les fragments de parenchyme vasculaire

Structure de tissus de vigne provenant d'une souche âgée de 26 *mois* (13e repiquage).

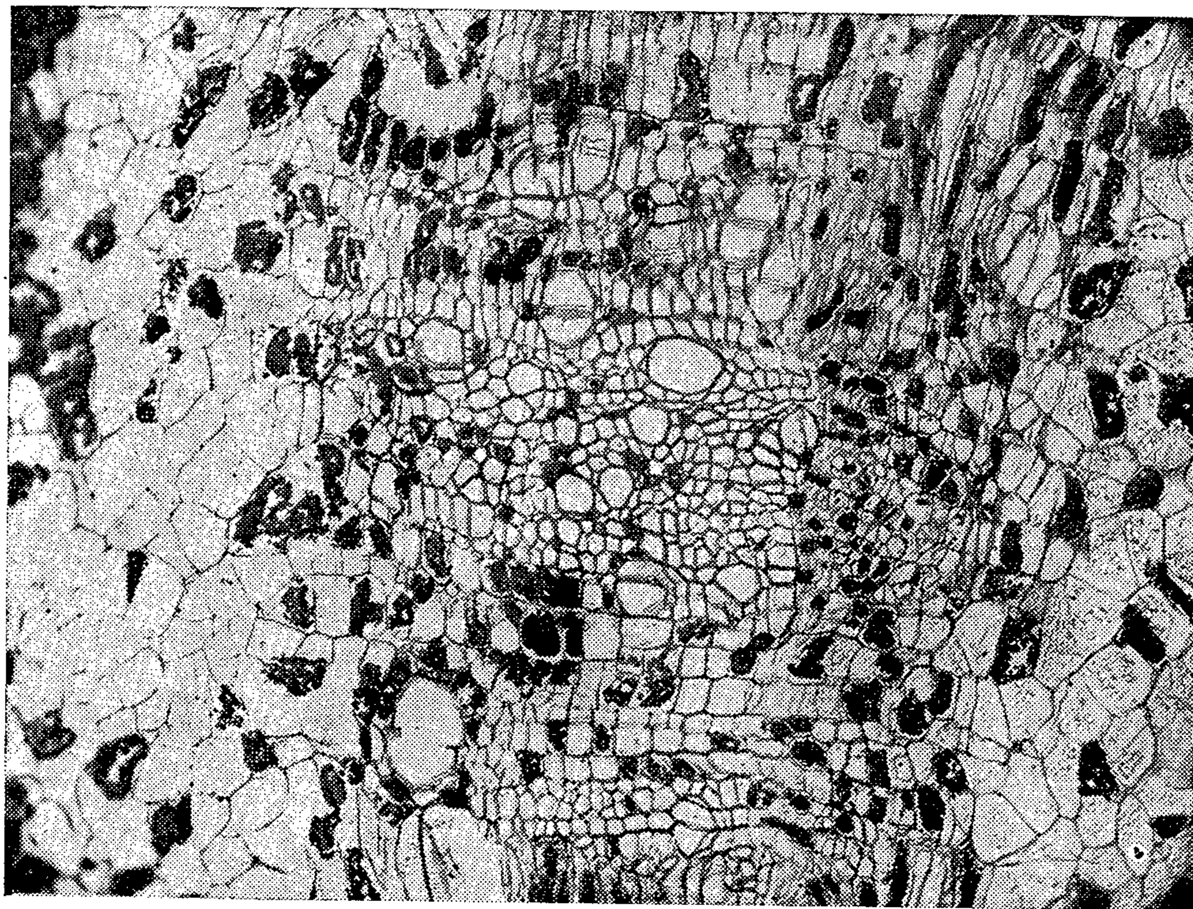


Fig. 1. — Coupe pratiquée dans une colonie hétérogène. Elle est constituée par un parenchyme renfermant des formations secondaires représentées par une zone génératrice ayant produit du bois (à droite) et du liber (à gauche).

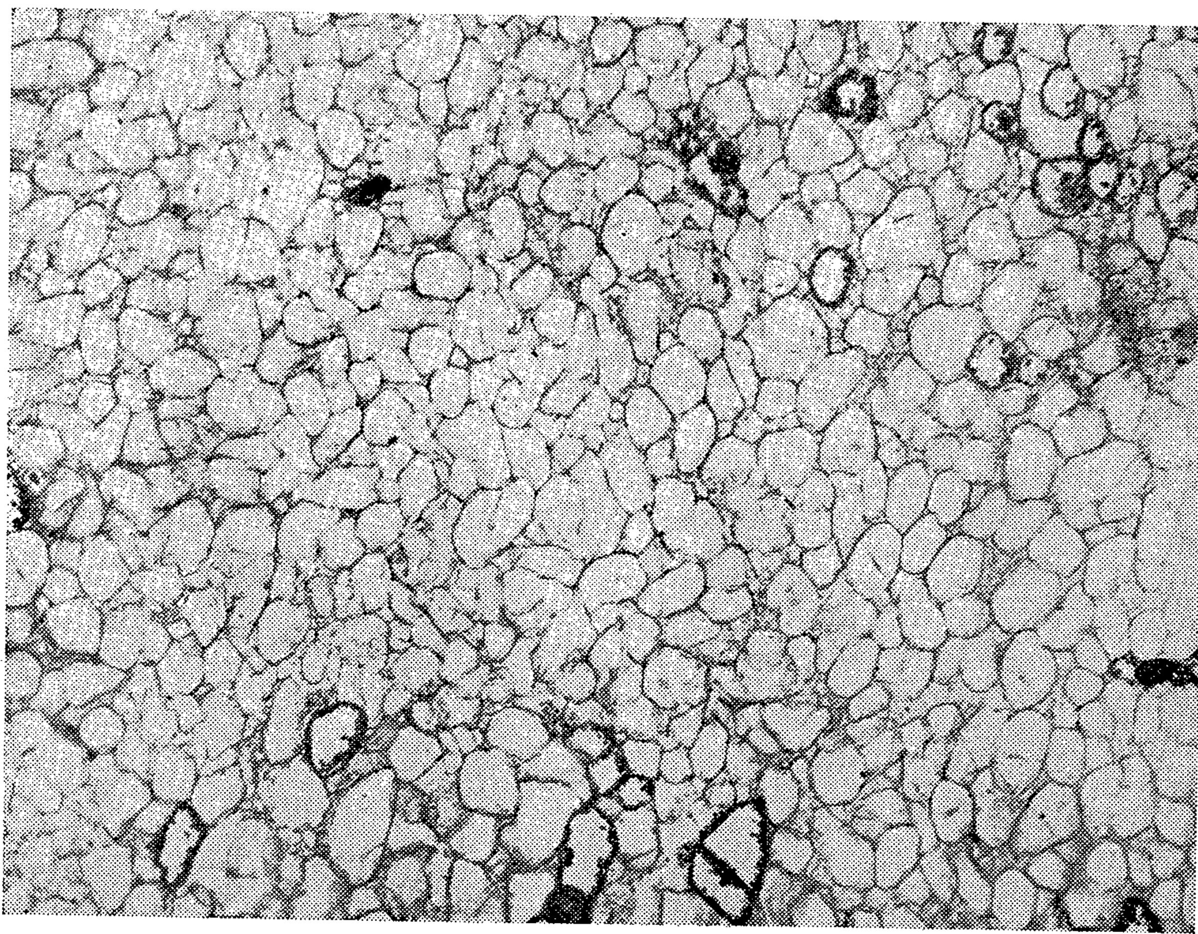


Fig. 2. — Coupe pratiquée dans une colonie homogène. Elle est constituée par un seul type de cellules.

donnaient naissance à une zone génératrice produisant du liber; enfin, dans le cas du liber, on voyait certaines cellules néoformées se lignifier

et s'entourer d'une zone cambiale. On observe des faits analogues avec la plupart des espèces herbacées dont on a pu cultiver les tissus.

Certains végétaux ligneux semblent toutefois se comporter d'une autre manière, c'est ainsi qu'après avoir isolé du tissu cambial d'Aune et de Sureau, Gautheret a constaté que le parenchyme qui apparaissait en culture restait homogène. La réalisation de cultures pures de tissus végétaux pouvait sembler problématique. Nous y sommes cependant parvenu récemment; voici comment : nous avons été amené à isoler en mai 1943 une souche de tissus de Vigne dont nous avions précédemment décrit les caractères morphologiques (¹). Cette souche se développe actuellement depuis 26 mois et a subi 13 repiquages, elle offre des caractères anatomiques analogues à ceux des souches de plantes herbacées étudiées par Gautheret, c'est-à-dire que les colonies qui la composent sont formées par un parenchyme dans lequel naissent constamment des zones génératrices produisant du bois et du liber. Or, après le sixième repiquage, l'une des cultures a donné naissance à un cal particulier, présentant l'aspect d'une masse translucide, alors que le reste de la colonie était opaque. En repiquant ce tissu singulier nous avons obtenu des cultures qui ont conservé cet aspect spécial; elles se développent depuis 12 mois et prolifèrent un peu plus rapidement que le tissu normal. Des observations anatomiques nous ont montré que ces colonies d'un type nouveau sont entièrement constituées par un parenchyme homogène ne comportant qu'un seul type cellulaire. Ceci nous autorise à affirmer que nous avons obtenu pour la première fois une culture durable de tissu pur.

(¹) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 36-37.

A $15^h 25^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les symétries dans l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia.**

1. V est une variété linéaire fermée de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$. X étant un point quelconque de $\mathcal{H}$, son symétrique $Y = S_V X$, par rapport à V, est par définition tel que le segment XY soit orthogonal à V, son milieu ξ étant situé dans V. Alors $\xi = P_V X$ (projection de X sur V);

$$Y = S_V X = \xi + (P_V X - X) = 2 P_V X - X.$$

L'opérateur de symétrie S_V s'exprime donc par

$$S_V = 2 P_V - 1 = P_V - P_{\mathcal{H}\ominus V} = 1 - 2 P_{\mathcal{H}\ominus V}.$$

Évidemment $S_V = - S_{\mathcal{H}\ominus V}$. Si $V = 0$, $S_V = -1$. Si $V = \mathcal{H}$, $S_V = 1$.

S_V est un opérateur *hermitien*, comme P_V; et $S_V^2 = S_V S_V^\star = S_V^\star S_V = 1$ montre que S_V est *unitaire*. On a aussi $S_V = S_V^{-1}$. $S_V X = X$ caractérise les X de V; $S_V X = -X$ caractérise les X de $\mathcal{H}\ominus V$. $S_V X = 0$ n'a de solution que $X = 0$.

S_V est un hermitien *indéfini*. $(X, S_V X) = (X, P_V X) - (X, P_{\mathcal{H}\ominus V} X)$ est positif sur V et négatif sur $\mathcal{H}\ominus V$. Le segment des valeurs de $(X, S_V X)$, pour $\|X\| = 1$, est le segment $(-1, +1)$ de l'axe réel, la borne $+1$ est atteinte sur V, la borne -1 est atteinte sur $\mathcal{H}\ominus V$.

Le *spectre* de S_V est *ponctuel* et se compose des valeurs propres -1 et $+1$. Les variétés propres sont respectivement $\mathcal{H}\ominus V$ et V. La décomposition spectrale de l'unité $E(\lambda)$, correspondant à S_V, est telle que $E(\lambda) = 0$ si $\lambda < -1$; $E(\lambda) = P_{\mathcal{H}\ominus V}$ si $-1 \leqq \lambda < 1$; $E(\lambda) = 1$ si $\lambda \geqq 1$. On a $S_V = \int_{-1}^{+1} \lambda\, dE(\lambda)$, l'intégrale de Stieltjes se réduisant aux sauts de $E(\lambda)$ en -1 et $+1$; $S_V = (-1).\, P_{\mathcal{H}-V} + (+1)[1 - P_{\mathcal{H}\ominus V}] = P_V - P_{\mathcal{H}\ominus V}$.

2. *Tout opérateur* S *hermitien et unitaire est une symétrie.* — $S = S^\star$ et $SS^\star = 1$ entraînent $S^2 = 1$; on va montrer que $S = S^\star$ *et* $S^2 = 1$ (entraînant que S est unitaire), *caractérisent une symétrie*. En effet, $S^2 = 1$ ou $(S + 1)(S - 1) = 0$,

montre que, S *étant hermitien, tout* $(S+1)X$ *est orthogonal à tout* $(S-1)Z$, (X et Z quelconques dans $\mathfrak{X}$), car $((S+1)X, (S-1)Z) = (X, (S+1)(S-1)Z) = 0$. Les domaines de valeurs Δ_{S+1} et Δ_{S-1} sous-tendent des *variétés linéaires fermées orthogonales* $V = [\Delta_{S+1}]$, $V' = [\Delta_{S-1}]$. Pour X quelconque $(S+1)X = \xi' \in V$, $(S-1)X = -\eta' \in V'$; $2SX = \xi' - \eta'$ et $2X = \xi' + \eta'$, donnant alors $\xi' = 2P_V X$ et $\eta' = 2P_{V'}X$, avec $P_V + P_{V'} = 1$. Donc V *et* V' *sont complémentaires* $V' = \mathcal{H} \ominus V$ et $S = P_V - P_{\mathcal{H}\ominus V}$ est bien une symétrie par rapport à V. La variété V de la symétrie S s'obtient comme *domaine des valeurs de* $S+1$ ou *ensembles des zéros de* $S-1$.

3. *Le produit de deux symétries peut-il être une symétrie?* Ce produit est toujours unitaire. Pour que $S_V S_{V'}$ soit hermitien, il faut et il suffit que $S_V S_{V'} = S_{V'} S_V$. Ceci équivaut à $P_V P_{V'} = P_{V'} P_V$. En introduisant l'intersection $V \cap V'$ de V et V', et les compléments orthogonaux V_1 et V_2 de $V \cap V'$ dans V et V', on a $V = V\cap V' \oplus V_1$, $V' = V \cap V' \oplus V_2$. *La condition nécessaire et suffisante cherchée est l'orthogonalité de* V_1 et V_2 (¹).

Alors $P_V = P_{V\cap V'} + P_{V_1}$, $P_{V'} = P_{V\cap V'} + P_{V_2}$, $P_V P_{V'} = P_{V\cap V'}$, d'où

$$S_V S_{V'} = S_{V'} S_V = 1 - 2P_{V_1} - 2P_{V_2} = 1 - 2P_{V_1 \oplus V_2} = S_{\mathcal{H}\ominus(V_1\oplus V_2)} = -S_{V_1\oplus V_2}.$$

En particulier, pour 2 variétés *orthogonales* V_1 et V_2,

$$S_{V_1} S_{V_2} = -S_{V_1 \oplus V_2} = S_{\mathcal{H}\ominus(V_1\oplus V_2)},$$

Pour des *variétés linéaires fermées* $V_1, \ldots, V_n$, 2 à 2 orthogonales, on aura $-S_{V_1\oplus V_2 \oplus \cdots \oplus V_n} = \prod_1^n (-S_k)$, le produit du 2ᵉ membre étant indépendant de l'ordre des termes; cette égalité s'étend au cas d'une infinité dénombrable de variétés linéaires fermées orthogonales, le produit du 2ᵉ membre étant alors fortement convergent. Elle est corrélative de $P_{V_1\oplus V_2\oplus\cdots\oplus V_n} = \sum_1^n P_{V_k}$.

Lorsque $V \subset V'$, avec $V' = V \oplus V_1$, on a $P_V P_{V'} = P_{V'} P_V = P_V$; d'où $S_{V'} = S_V + S_{V_1} + 1$; $S_V S_{V'} = S_{V'} S_V = S_{\mathcal{H}\ominus V_1} = -S_{V_1}$; et $S_{V'} = -S_V S_{V_1} = S_V S_{\mathcal{H}\ominus V_1}$, c'est-à-dire que $S_{V'}$ *est alors le produit de* S_V *par une symétrie*, l'ordre du produit étant indifférent.

Lorsque V et V' sont quelconques, $S_{V'} S_V$ est l'opérateur *inverse* ou *l'adjoint* de $S_V S_{V'}$.

Toute suite monotone de variétés linéaires fermées $V^1 \subseteq V^2 \subseteq V^3 \subseteq \ldots \subseteq V^n \subseteq \ldots$ ayant une limite fermée $V \subseteq \mathcal{H}$, il est clair que la propriété connue $P_{V_n} \to P_V$ (convergence forte), entraîne $S_{V_n} \to S_V$.

4. Deux suites (X_n) et (Y_n) de points de $\mathcal{H}$ ($n = 1, 2, \ldots$, suites finies ou

(¹) Voir G. Julia, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 456.

infinies) étant données, *sous quelles conditions existe-t-il une symétrie* S_V *telle que* $Y_n = S_V X_n$? Déterminer alors la V minima répondant à la question.

V, si elle existe, devra contenir tous les $X_n + Y_n$ et être orthogonale à tous les $X_n - Y_n$; ce sont des conditions nécessaires et suffisantes. Il faut donc et il suffit que $X_i - Y_i$ *soit orthogonal à* $X_k + Y_k$, *quels que soient* i, k, et la V minima qui conviendra sera la variété linéaire fermée $V = [X_1 + Y_1, \ldots, X_k + Y_k, \ldots]$, sous-tendue par les $X_k + Y_k$. On devra donc avoir $(X_i - Y_i, X_k + Y_k) = 0$ pour tous i, k. Ceci donne $(X_i, X_k) - (Y_i, Y_k) = (Y_i, X_k) - (X_i, Y_k)$ pour tous i, k. En permutant i et k, puis prenant les conjugués des deux membres, il vient $(X_i, X_k) - (Y_i, Y_k) = (X_i, Y_k) - (Y_i, X_k)$ pour tous i, k. L'ensemble de ces relations équivaut à

$$(X_i, X_k) = (Y_i, Y_k), \tag{1}$$

$$(X_i, Y_k) = (Y_i, X_k), \tag{2}$$

pour tous i, k, qui sont, en définitive, les conditions nécessaires et suffisantes cherchées. Les conditions (1) expriment évidemment que $Y = S_V X$ est unitaire; les conditions (2) expriment que l'opérateur est hermitien.

Les propriétés des n°s 1 à 4, sont, ou le verra, susceptibles d'intéressantes applications à la théorie des opérateurs isométriques.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Cryptogamie du Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Roger Heim* obtient 32 suffrages.

Pour la seconde ligne M. *Marius Chadefaud* obtient 29 suffrages; il y a 2 bulletins nuls.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Roger Heim**.
En seconde ligne .... M. **Marius Chadefaud**.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Résolution du problème de M. Fréchet sur la paramétrisation d'arcs doués de tangentes. Généralisation aux variétés à plusieurs dimensions. Paramétrages intrinsèques.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. Pour simplifier l'exposé, nous supposerons les variétés étudiées sans points multiples. Mais les résultats s'étendent à des variétés paramétrées, après

une modification adéquate de la définition 2°. Les variétés étudiées sont plongées dans un espace cartésien R_p quelconque.

Définitions — 1° V_n étant une variété à n dimensions, image d'un domaine D de R_n par une transformation continue T, on dit que T est une *paramétrisation régulière* de V_n si, pour tout $m \in D$, T est tangente en m à une transformation linéaire *non dégénérée*.

2° Une variété V_n est dite *régulière en* M s'il existe une variété linéaire L_n contenant M telle que, pour tout voisinage sphérique l (de diamètre δ) de M sur L_n, il existe un voisinage v de M sur V_n homéomorphe à l tel que, si ε est l'écart de Fréchet [1], entre l et v, on ait $\lim_{\delta \to 0} (\varepsilon/\delta) = 0$.

M est dit alors *régulier*; tout point non régulier est dit *point contrariant* [2].

3° Soient $\Delta_i (i = 1, 2, \ldots, n)$, n directions de droite d'une variété linéaire L_n. Pour tout vecteur unitaire $\vec{u}$ de L_n, soit $\lambda(\vec{u})$, la plus grande des projections orthogonales de $\vec{u}$ sur les directions Δ_i. Posons $\lambda = \text{borne inf.}_{\vec{u} \subset L_n} \lambda(u)$.

On appelle λ le *coefficient d'indépendance linéaire* des directions Δ_i (on a $\lambda = 0$ si et seulement si ces directions sont linéairement dépendantes).

Théorème 1 [3]. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une variété* V_n *soit susceptible d'un paramétrage régulier est que tout point de* V_n *soit régulier.*

La démonstration s'appuie sur des résultats que nous avons énoncés antérieurement [4] et sur le lemme suivant :

Lemme. — *Si, pour un ensemble parfait* E, *il existe un entier n et un nombre* $\lambda_0 > 0$ *tels que, en tout point de* E, *le contingent soit contenu dans une variété linéaire à n dimensions et contienne n rayons dont les directions aient un coefficient d'indépendance linéaire* $\lambda > \lambda_0$, *la variété linéaire* $L_n(M)$ *contenant le contingent de* E *en* M *est une fonction ponctuellement discontinue de* M *sur tout sous-ensemble parfait de* E.

Un tel ensemble E a une mesure n-dimensionnelle dénombrablement finie.

Remarque. — L'introduction du nombre λ_0 est essentielle, car on peut construire dans R_3 un continu C ayant en tout point un contingent contenant au

---

(1) Cet écart, pour A, A′ homéomorphes, est la borne inférieure, quand l'homéomorphie H entre A et A′ varie, de la borne supérieure des distances MM′[$M \in A$ et $M' = H(M)$].

(2) Terminologie introduite par C. Pauc dans le cas des variétés V_1 douées de tangentes; sa définition d'un point contrariant d'une telle V_1 est en effet équivalente à la nôtre dans ce cas.

(3) Le problème ici résolu a été posé pour les V_1 par M. Fréchet (*Espaces abstraits*, p. 153, Paris, 1928) et précisé par C. Pauc (*Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1154). Voir aussi Ward, *Fund. Math.*, **28**, 1937, pp. 280-288.

(4) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 495, en particulier le lemme II; et *Revue Scientifique*, nov. 1943, p. 452, Paris.

moins trois rayons et contenu dans un plan, ce plan variant de façon totalement discontinue sur un sous-ensemble parfait de C.

Théorème 2. — *Sur une variété* V_n *satisfaisant aux conditions du lemme précédent, l'ensemble des points contrariants est un* $G_{\delta\sigma}$ *non dense sur* V_n. *Si de plus* $n = 1$, *cet ensemble est de mesure 1-dimensionnelle (linéaire) nulle; ce résultat, dû à la structure totalement ordonnée des arcs simples, n'a pas son équivalent pour* $n > 1$.

Remarque. — Il résulte de ce théorème que, pour tout arc doué d'une tangente en tout point, il existe une paramétrisation, qui est régulière, sauf aux points d'un ensemble non dense de mesure nulle. Mais ceci ne s'étend pas aux variétés V_n pour $n > 1$.

C. Pauc a posé la question ([3]) de savoir si, pour tout arc simple ayant une tangente en tout point, on pouvait trouver une paramétrisation $M = M(t)$ $(0 \leq t \leq 1)$ pour laquelle $\overrightarrow{M'(t)}$ existe pour tout t, et telle que $|\overrightarrow{M'(\tau)}| \neq 0$ lorsque $M(\tau)$ est un point régulier.

On montre qu'*il n'en est rien* en remarquant que l'ensemble des solutions de $|\overrightarrow{M'(t)}| = 0$ est un G_δ, puis en construisant un arc simple ayant une tangente en tout point, et sur lequel l'ensemble des points contrariants est dénombrable et dense en soi (donc n'est pas un G_δ).

Plus généralement, soit P un ensemble parfait linéaire non dense, tel que, pour tout point $M \in P$, si l'on désigne par $M'M''$ un intervalle quelconque contigu à P, on ait $\limsup_{M', M'' \to M} (MM'/MM'') > 1$ (par exemple l'ensemble de Cantor).

Alors, pour tout sous-ensemble A *de* P *qui soit un* F_σ, *il existe un arc simple* γ *contenant* P, *ayant une tangente en tout point, et sur lequel l'ensemble des points contrariants est identique à* A (les points de P ayant d'ailleurs sur γ le même ordre que sur la droite).

II. Pour tout arc orienté γ, simple ou paramétré, d'un espace métrique E, diverses paramétrisations intrinsèques ont été proposées ([5]).

Soit Γ l'espace des arcs γ de E, métrisé en prenant pour distance de deux éléments de Γ leur écart au sens de Fréchet; et soit T l'espace de la variable numérique t qui paramètre les arcs γ.

M. Morse ([5]) a montré qu'avec sa paramétrisation intrinsèque, le point $M(\gamma, t)$ de E est une fonction continue dans l'espace $\Gamma \times T$, donc une fonction uniformément continue sur tout compact de cet espace.

La question se pose de savoir si l'on peut améliorer ces paramétrisations, de façon que $M(\gamma, t)$ soit *uniformément continue dans tout l'espace* $\Gamma \times T$.

Nous avons montré par un exemple que *ceci est impossible* lorsque E est un espace cartésien; et même plus :

([5]) M. Fréchet, *op. cit.*, p. 150; M. Morse, *Bull. Am. Math. Soc.*, 42, 1936, p. 915; Voir aussi H. Whitney, *Ann. of Math.*, 34, 1933, pp. 244-270.

Il est impossible que, pour un $t \neq 0$ [en convenant que $M(\gamma, 0)$ désigne l'origine de γ], *le point* $M(\gamma, t)$ *soit une fonction uniformément continue de* γ.

La démonstration est basée sur l'étude de la famille de courbes planes $y = \cos(a \tan g x + \lambda)$, où λ est un paramètre variable et a une constante.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la limitation de la quantité de mouvement et son effet sur la sustentation des ailes d'avion.* Note [1] de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons été conduit [2], dans l'étude des fluides compressibles, à abandonner le champ des vitesses et à le remplacer par un champ de quantité de mouvements solénoïdal et lamellaire. Ce n'est plus la répartition des vitesses qui gouverne celle des pressions et la réaction sur les parois, mais la répartition des quantités de mouvement. Ce n'est plus à l'équation de Bernoulli,

$$(1)\quad \begin{cases} U - \displaystyle\int \frac{dp}{\rho} - \frac{1}{2} V^2 = \text{const.}, \\ \text{soit} \quad \dfrac{p}{p_\omega} = \left[1 - \dfrac{\gamma - 1}{2\gamma} \dfrac{\rho_\omega}{p_\omega} V^2\right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad \text{avec} \quad \rho = g(p) = K p^{\frac{1}{\gamma}}, \end{cases}$$

ω désignant le point de vitesse nulle, qu'il faudra faire appel, mais à la nouvelle équation fondamentale

$$(2)\quad U = \int \frac{dp}{g(p)} - \frac{1}{2} \frac{(\rho V)^2}{[g(p)]^2}, \qquad \text{soit} \quad \left(\frac{p}{p_\omega}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + \frac{\gamma - 1}{2} \frac{(\rho V)^2}{\gamma p_\omega \rho_\omega} \left(\frac{p}{p_\omega}\right)^{-\frac{2}{\gamma}} = 1,$$

L'étude de l'équation (2) montre que la nouvelle variable n'est pas limitée, comme la vitesse, par l'impossibilité pour la pression d'être négative, mais par une borne supérieure, de valeur relative (*fig.* 1), fonction seulement de l'état du fluide au point de vitesse nulle, réel ou fictif sur la ligne de courant considérée. Le *point critique*, point de limitation de la quantité de mouvement, est caractérisé par une vitesse critique $c = \sqrt{\gamma(p/\rho)}$, ayant même expression formelle que la vitesse du son, de telle sorte que l'on peut énoncer que les ébranlements dans un fluide se propagent à la vitesse correspondant au transport du maximum de quantité de mouvement. En introduisant le symbole c (2) s'écrit

$$(2')\quad \left(\frac{p}{p_\omega}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + \frac{\gamma - 1}{2} \left(\frac{\rho V}{\rho_\omega c_\omega}\right)^2 \left(\frac{p}{p_\omega}\right)^{-\frac{2}{\gamma}} = 1.$$

Le phénomène de limitation de la quantité de mouvement, connu sous la forme d'une contraction maximum des veines fluides (théorème de Hugoniot), apparaît comme une propriété intrinsèque de la quantité de mouvement sur la

[1] Séance du 24 juillet 1944.

[2] *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 162.

ligne de courant. Cette saturation prend une importance considérable du fait du choix de la quantité de mouvement comme variable.

En particulier l'écoulement autour d'un profil sera défini par le potentiel complexe et la fonction de transformation

$$(3)\qquad f(z)=\rho_0 V_0\left(Z+\frac{a^2}{Z}\right)-\frac{i\Gamma}{2\pi}\log Z \qquad z=Z+\frac{c^2}{Z}+\sum_2^p\frac{a_i}{Z^i}$$

(Γ, circulation des quantités de mouvements), d'où $f'(z)=(\rho u)-i(\rho v)$.

La figure 2 fournit l'évolution de la pression unitaire p/p_ω en fonction

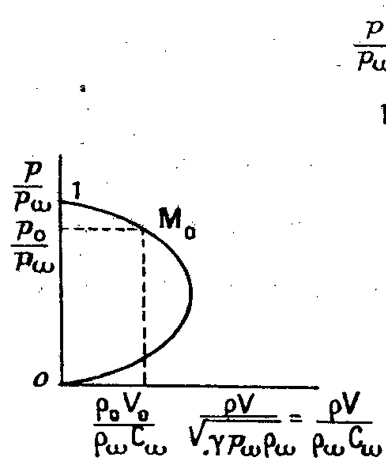


Fig. 1.

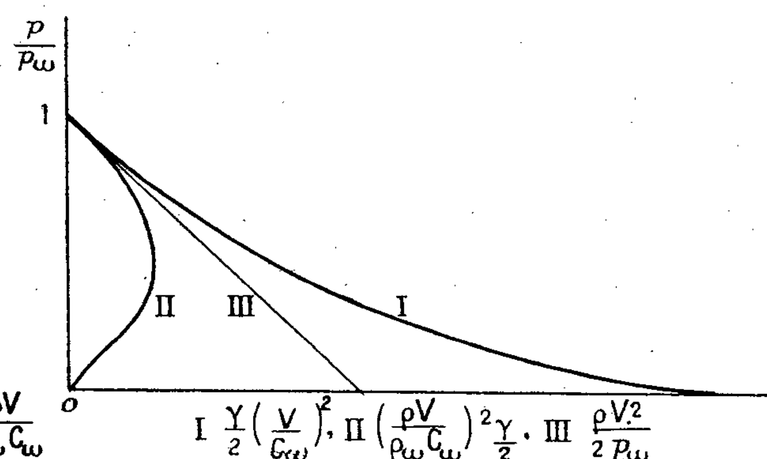


Fig. 2.

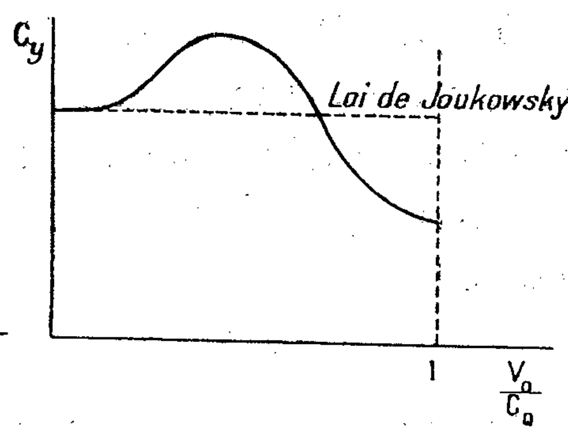


Fig. 3.

soit de

$$\frac{\gamma}{2}\left(\frac{V}{c_\omega}\right)^2=\frac{1}{2}\frac{\rho_\omega V^2}{p_\omega}$$ [équation (1), potentiel des vitesses et fluide compressible],

de

$$\frac{\gamma}{2}\left(\frac{\rho V}{\rho_\omega c_\omega}\right)^2$$ [équation (2′), potentiel des quantités de mouvements]

et de

$$\frac{1}{2}\frac{\rho V^2}{p_\omega}$$ (équation de Bernoulli pour les fluides incompressibles, $p+\frac{\rho}{2}V^2=\text{const.}=p_\omega$).

Les deux premières courbes admettent, comme tangente au point de vitesse nulle la troisième, loi linéaire limite des deux autres pour γ infini. Dans le cas d'un fluide incompressible, il correspond une pression à chaque V/V_0 [équation (3)], sauf si cette grandeur dépasse une valeur limite correspondant à la pression nulle (phénomène de cavitation). L'hypothèse I [équation (1), potentiel des vitesses] conduirait également comme limite à un phénomène de cavitation. L'hypothèse II, au contraire [potentiel des quantités de mouvement, équation (2′)], fait apparaître l'existence d'un *accident critique* ou *sonique* dès que $\rho V/\rho_\omega c_\omega$ dépasse la valeur critique.

De même que dans une tuyère de Laval (champ de quantité de mouvement classique) quand le rapport des pressions amont et aval a dépassé la *valeur*

limite supérieure correspondant à l'apparition de la vitesse du son au col, la répartition de $\rho V/\rho_\omega c_\omega$ a atteint une configuration permanente, de même elle restera inchangée sur chaque ligne de courant, c'est-à-dire que la fonction

$$f(Z) = \rho'_0 V'_0 \left(Z + \frac{a^2}{Z}\right) - \frac{i\Gamma}{2\pi} \log Z,$$

$\rho'_0 V'_0$ étant la valeur correspondant pour la ligne de courant considérée au nombre de Sarrau critique, se conservera au voisinage du profil. Au delà du point du maximum de $\rho V/\nu_0 V_0$ la détente se poursuivra en régime supersonique et le retour à la pression p_0 se fera par une recompression brutale (onde de choc) qui s'éloignera vers le bord de fuite à mesure que V_0/c_0 croîtra.

Quant à la sustentation elle affecte la forme de la figure 3. La croissance de c_y est liée à la position de II par rapport à I (*fig.* 2), soit à la convexité de la courbe. Le décrochage et l'affaissement de la courbe c sont liés au phénomène critique et à l'effondrement corrélatif de la circulation des quantités de mouvement.

ASTROPHYSIQUE. — *Observation de l'éclipse totale de Soleil du* 9 *juillet* 1945. Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Charles Fabry.

Grâce au concours de nombreuses personnalités j'ai pu observer l'éclipse totale de Soleil du 9 juillet 1945, du phare de Bjurö Klubb (lat. 64°29′N, long. 21°35′E. Gr.), lieu situé sur la ligne médiane de totalité et assez élevé pour offrir un large horizon sur la mer Baltique et le littoral avoisinant. Le ciel était pur et la transparence atmosphérique parfaite. Grâce à un fort et glacial vent d'Est, aucune condensation nuageuse n'eut lieu durant le phénomène. L'altitude du Soleil était de 36°.

Mon but était l'observation de la structure fine de la couronne, en rapport avec la théorie de Störmer et les expériences de synthèse que j'avais effectuées en 1931 dans un tube à vide. Pour obtenir une adaptation visuelle parfaite, j'ai conservé, entre le premier et le second contact, deux paires de lunettes noires très foncées superposées, permettant juste la vision du disque solaire. Dès le second contact les observations furent effectuées au moyen de jumelles Busch de 50^{mm} d'ouverture, offrant un grossissement de 7.

La couronne a présenté un type parfait de minimum d'activité solaire avec quatre ailes presque symétriques, aussi bien par rapport à l'axe de rotation solaire que par rapport au plan équatorial. Les jets étaient perceptibles jusqu'à quatre rayons solaires à partir du bord du disque, distance à laquelle ils se fondaient dans la luminosité encore très vive du ciel. Les quatre principaux panaches s'étendaient parallèlement au plan équatorial et leur structure fibreuse était remarquable. Leur largeur totale ne dépassait pas le diamètre du Soleil. La brillance de la couronne interne était très vive et peu inférieure à

celle d'une pleine Lune. Les filets polaires souvent signalés, qui semblent dessiner les lignes de force du champ magnétique solaire, n'étaient pas distincts et étaient remplacés par une vaste luminosité diffuse, qni n'apparaît pas sur les photographies, et qui s'étendait jusqu'à deux rayons solaires.

L'observation de la couronne à travers un filtre monochromatique polarisant, construit par B. Lyot, ne m'a pas donné de résultats décisifs, par suite de l'opacité du filtre.

Après le troisième contact mon attention s'est reportée sur l'observation du ciel. La dissymétrie existant entre les brillances du ciel en amont et en aval était fort remarquable et j'ai pu suivre la fuite de l'ombre portée par la Lune dans l'atmosphère, qui s'éloignait avec une vitesse voisine de 1 km/sec pendant près d'une minute.

Cette éclipse de minimum a été d'un intérêt exceptionnel par suite de la faiblesse de l'activité solaire le 9 juillet. D'après les renseignements communiqués par M. d'Azambuja, deux faibles groupes symétriques de taches étaient seulement visibles au bord oriental du Soleil, à une latitude d'environ 18°, ce qui correspondrait à un nombre de Wolf ne dépassant pas 40. D'autre part M. J. Leclerc a obtenu, pendant la totalité, quelques bons clichés sur film Agfa color, au moyen d'un Leica muni d'un objectif de 70^{cm} de longueur focale. Ceux-ci montrent l'existence de quatre protubérances roses, de latitude voisine de 45°, présentant une symétrie aussi accentuée que celle de la couronne. Celle-ci était parfaitement blanche.

Ainsi, malgré cette faible activité apparente, la couronne était intense et bien développée. Sa structure fibreuse accuse une émission solaire continue, conformément à la théorie de Birkeland-Störmer et, si l'on admet qu'elle représente effectivement la trace d'électrons émis par la photosphère et diffusant la lumière solaire, l'observation donne l'explication de deux effets demeurés énigmatiques :

1° Il est bien connu qu'aux latitudes inférieures à 45° la lumière zodiacale apparaît, au solstice d'été, sous la forme d'une luminosité diffuse au-dessus de l'horizon Nord. C'est ainsi que nous l'observons habituellement au Pic du Midi duraut les trois heures de nuit complète qui y règnent à cette époque. Cette lueur apparaît alors comme le prolongement des lueurs coronales polaires observées.

2° J. Bartels a fait remarquer que l'explication astronomique de la variation annuelle de l'activité magnétique terrestre se heurtait à l'objection suivante : lorsque l'*activité* des deux hémisphères du Soleil est très différente, aucune dissymétrie n'apparaît pourtant dans la courbe représentant la variation annuelle de l'activité magnétique (l'hémisphère solaire Sud correspondrait à la période février, mars, avril et *vice versa*). Or ceci s'explique par le fait que, même par une activité solaire localement nulle, les jets coronaux demeurent intenses et bien développés, comme l'a montré l'éclipse du 9 juillet.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude de* 40 *Eridani B*.
Note [1] de M. **Évry Schatzman**.

En appliquant les résultats déjà obtenus [2], on trouve, en tenant compte des résultats de Bethe [3], pour la luminosité d'une naine blanche, en fonction de la température, de la densité, du rayon et de la gravitation dans la couche de production de l'énergie,

(1) $$L = [40,286]\, T^{\frac{4}{3}} e^{-15250/T^{\frac{1}{3}}} \frac{r^2 \rho^2}{g} (c_N)_R,$$

$(c_N)_R$ étant la concentration en azote, au sein du mélange de Russel.

Nous avons déjà exposé les méthodes de calcul de la température d'une naine blanche. Étudions 40 Eridani B.

On connaît $L = [-2,1]$, $M = [1,8]$. Nous allons retrouver le rayon.

La fonction de T dans le second membre de (1) est calculable. On calcule

$$-\log f(T) = \frac{6620}{T^{\frac{4}{3}}} - \frac{1}{3} \log T,$$

dont nous donnons les valeurs ci-dessous.

10 T......	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$-\log f(T)$.	39,4	34,3	30,8	26,5	25,1	23,9	22,9	22,1	21,2

D'autre part T est donné par

(2) $$T = [7,884] \frac{\Delta R}{R},$$

$\Delta R/R$ étant l'épaisseur relative de la couche d'hydrogène, et

(3) $$\rho = [5,67] \left[\frac{\Delta R}{R}\right]^{2,55},$$

d'où la deuxième équation, qui donne

(4) $$-28,249 - 5,1 \log \frac{\Delta R}{R} = f(T);$$

on trouve

$$\boxed{T = 14,4 . 10^6 \text{ degrés}}$$

et

$$\log_{10} \frac{\Delta R}{R} = -0,725; \qquad \frac{\Delta R}{R} = 0,188.$$

---

(1) Séance du 14 mai 1945.

(2) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 516.

(3) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 434.

L'accroissement de rayon est

$$\frac{\delta R}{R} = \frac{\Delta R}{R} - 1,705\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^{1,7}$$

ou

$$\frac{\delta R}{R} = 0,143; \qquad \text{Log}\left(1 + \frac{\delta R}{R}\right) = 0,066,$$

d'où R = [— 1,77].

Kuiper donne [— 1,80] dans le *Colloque des Astrophysiciens* (4). L'accord peut être considéré comme très bon.

ASTROPHYSIQUE. — *Opacité de la photosphère solaire et spectre de l'ion négatif hydrogène.* Note (1) de MM. **Daniel Chalonge** et **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. Charles Fabry.

1. *Données utilisées.* — *a.* Les assombrissements (2) $I_\lambda(0, \theta)/I_\lambda(0, 0)$ observés pour $3200 < \lambda < 21000$ Å et différents θ par Abbot [207], Raudenbusch (3), R. Canavaggia et D. Chalonge (données relatives au domaine 3200-6000 Å et non encore publiées);

b. les intensités au centre du disque $I_\lambda(0, 0)$ pour $\lambda > 4000$ Å d'après Mulders (4). Au-dessous de 4000 Å les valeurs de $I_\lambda(0,0)$ sont assez incertaines : pour $3000 < \lambda < 3200$ Å et, pour $3700 < \lambda < 4000$ Å, on a extrapolé la courbe de Mulders en supposant que la température de couleur du fond continu solaire restait égale à 7140°. Entre 3200 et 3700 Å la courbe d'énergie est déprimée par suite de l'absorption continue liée à la série de Balmer, la discontinuité de Balmer étant D = 0,04 (5).

2. *Détermination de la densité optique de la matière photosphérique.* — Soit T la température à la profondeur optique τ_λ; on sait que

$$I_\lambda(0, \theta) = \int_0^\infty J_\lambda(T)\, e^{-\tau_\lambda \sec\theta} \sec\theta \, d\tau_\lambda. \tag{1}$$

L'utilisation simultanée des valeurs observées de $I_\lambda(0, \theta)/I_\lambda(0, 0)$ et de $I_\lambda(0, 0)$, donne les valeurs numériques de $I_\lambda(0, \theta)$.

Par la méthode des moindres carrés on détermine les coefficients $A_0(\lambda)$,

---

(4) White Dwarps, *Actualités scientifiques*, 903, Paris.

(1) Séance du 2 juillet 1945.

(2) Les notations sont celles de Unsöld (*Physik der Sternatmosphären*, Berlin, 1938). Les nombres entre crochets se rapportent à la bibliographie de cet Ouvrage.

(3) *Astronomische Nachrichten*, 266, 1938, p. 301.

(4) *Zeitschrift fur Astrophysik*, 11, 1936, p. 132.

(5) Cf. Arnulf, Chalonge et Déjardin, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 325; Berger et Chalonge, *ibid.*, 218, 1944, p. 706.

$A_1(\lambda)$, $A_2(\lambda)$ du développement

$$I_\lambda(0, \theta) = A_0 + A_1 \cos\theta + 2 A_2 \cos^2\theta, \tag{2}$$

qui représente les observations d'une façon très satisfaisante et, d'après un calcul classique de Lundblad [514], la solution de l'équation intégrale (1) s'écrit

$$J_\lambda(T) = A_0 + A_1 \tau_\lambda + A_2 \tau_\lambda^2. \tag{3}$$

On a vérifié que les développements

$$I_\lambda(0, \theta) = A_0 + A_1 \cos\theta \quad \text{et} \quad I_\lambda(0, \theta) = (m \sec\theta + 1 - m)^{-\alpha} \tag{4}$$

proposés par d'autres auteurs conduisent à des fonctions $J_\lambda(T)$ voisines de (3), mais moins approchées, surtout au voisinage de $\tau_\lambda = 0$.

En identifiant $J_\lambda(T)$ avec la fonction de Planck (équilibre thermodynamique local) on aura, d'après (3), les valeurs $\varphi_\lambda(T)$ de τ_λ en fonction de T, d'où l'on déduit immédiatement les courbes qui donnent τ_λ en fonction de λ pour les différentes valeurs de T (voir la figure). Remarquons que les courbes $\tau_\lambda = \varphi_\lambda(T)$ fournissent, pour $\tau_\lambda = 0$, des valeurs de la température superficielle T_0, qui, pour $3200 < \lambda < 12250$ Å, s'échelonnent entre 4800° et 4950°; ces valeurs sont voisines de celles qu'on adopte généralement, mais leur variation indique [si toutefois le développement (2) est valable pour $\theta = \pi/2$] que la *surface* optique du Soleil n'a pas le même niveau géométrique pour les différents λ.

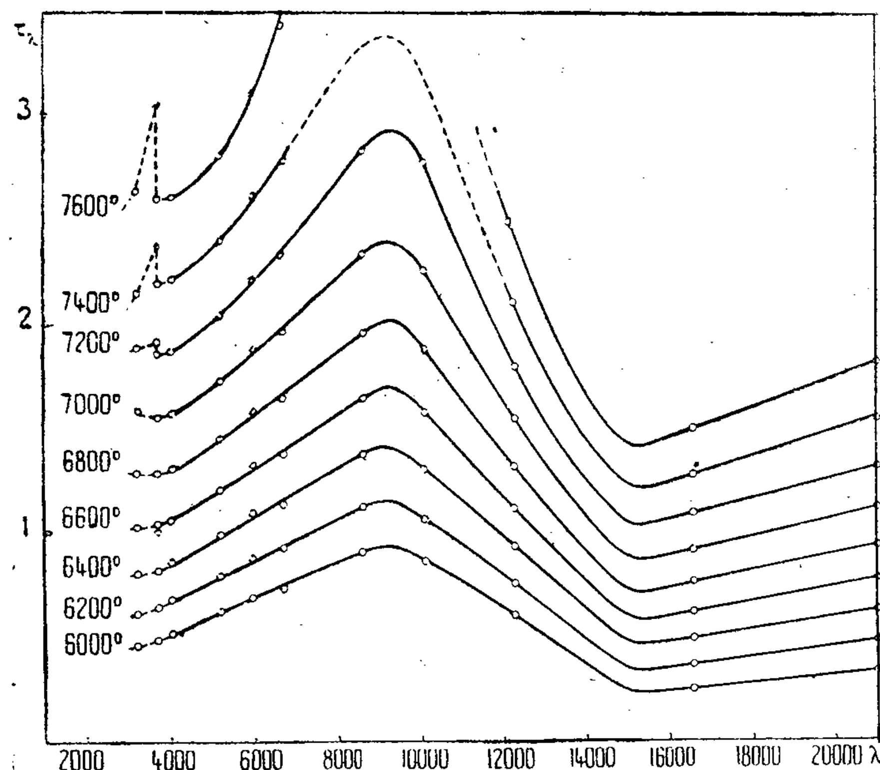


Fig. 1.

En représentant $(T/T_0)^4$ par des droites $1 + \beta_\lambda \tau_\lambda$, on constate que β_λ varie beaucoup avec λ, mais que la valeur moyenne de β_λ dans le domaine étudié est voisine de la valeur 1,5 généralement admise pour le rayonnement global.

3. *Interprétation des résultats.* — Si, comme cela semble probable, l'opacité des couches extérieures de la photosphère était due aux ions négatifs hydro-

gène, les ordonnées de chacune des courbes de la figure représenteraient, à un facteur constant près, le coefficient d'absorption continue de ce corps. On vérifie effectivement que, tant qu'on reste dans des couches peu profondes ($T < 7200°$), les ordonnées restent proportionnelles, ce qui confirme l'hypothèse d'un absorbant prédominant nettement sur tous les autres. C'est seulement dans les couches assez profondes que l'on voit apparaître la discontinuité de Balmer, qui révèle un commencement d'absorption par l'hydrogène neutre.

Massey et Bates ([6]), Williamson ([7]) et Henrich ([8]) ont calculé, par la mécanique quantique, le coefficient d'absorption de l'ion négatif hydrogène. A chaque nouvelle approximation le maximum de la courbe théorique se déplace vers le rouge (les auteurs ci-dessus trouvent successivement pour λ_m 4000, 5000, 7500 Å), mais les courbes de la figure semblent indiquer que le λ du maximum réel est encore plus grand (voisin de 9200 Å).

D'autre part on observe bien un minimum vers 15000 Å, mais ce minimum n'est pas nul, comme il devrait l'être dans l'hypothèse d'un absorbant unique. Le fait que la courbe déduite des observations remonte, vers 21 000 Å, indique qu'il y aurait, dans ce domaine spectral, soit des erreurs systématiques dans les données d'observation utilisées, soit plutôt une cause d'absorption supplémentaire dont on n'a pas tenu compte (par exemple des transitions entre les orbites hyperboliques de l'ion négatif hydrogène).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les intégrales premières en Mécanique ondulatoire.* Note ([1]) de Mlle **Jeannine Viard.**

1. Appelons *intégrales premières* les grandeurs autoprévisibles à valeurs propres indépendantes du temps ([2]). Cette définition a pour conséquence qu'un opérateur intégrale première satisfait à l'équation différentielle ([3])

$$\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = 2\pi \frac{i}{h} [\mathbf{HA}(t) - \mathbf{A}(t)\mathbf{H}]. \tag{1}$$

Réciproquement un opérateur pouvant être associé à une grandeur physique et satisfaisant à l'équation précédente définit une intégrale première. A tout opérateur $\mathbf{A}_0$ on peut faire correspondre une intégrale première

$$U(t, t_0)\mathbf{A}_0 U^{-1}(t, t_0).$$

Ainsi à tout opérateur on peut associer une intégrale première, mais seules

([6]) *Astrophysical Journal*, **91**, 1940, p. 202.

([7]) *Ibid.*, **96**, 1942, p. 438.

([8]) *Ibid.*, **99**, 1942, p. 59.

([1]) Séance du 23 avril 1945.

([2]) J.-L. Destouches, *Principes fondamentaux de physique théorique*, **2**, Paris, 1942.

([3]) L. de Broglie, *Théorie de la quantification dans la nouvelle Mécanique*, Paris.

offrent un intérêt pratique les intégrales premières dont on sait écrire l'expression indépendamment de la forme de l'opérateur d'évolution U.

2. Les intégrales premières fournissent, en Mécanique ondulatoire comme en Mécanique classique, une aide à l'intégration, mais l'analogie n'est pas complète.

a. Si l'on connaît à l'instant initial t_0 le résultat a de la mesure de la grandeur intégrale première **A**, les solutions acceptables de l'équation d'ondes devront aussi satisfaire à l'équation aux valeurs propres

$$\mathbf{A}(t)\varphi_a(t) = a\varphi_a(t).$$

Pour intégrer l'équation d'ondes on déterminera d'abord les solutions de l'équation précédente pour la valeur a trouvée, puis on portera ces solutions dans l'équation d'ondes pour achever la détermination des fonctions d'ondes. Cette méthode est justifiée par le fait que les solutions de l'équation aux valeurs propres d'un opérateur sont souvent plus faciles à déterminer que les solutions de l'équation d'ondes. Fréquemment l'opérateur $\mathbf{A}(t)$ ne dépend pas de toutes les variables et, dans les cas les plus simples, l'hamiltonnien **H** peut être écrit sous la forme

$$\mathbf{H} = \mathbf{B} + \mathbf{CA} + \mathbf{DA}^2,$$

où **B**, **C**, **D** sont certains opérateurs éventuellement nuls. Dans ce cas on peut remplacer l'opérateur **A** par sa valeur a dans l'hamiltonnien pour des fonctions propres de **A**.

La connaissance de la valeur d'une intégrale première permet donc de simplifier l'intégration d'un problème de Mécanique ondulatoire.

b. Si les conditions initiales du problème ne fixent pas la valeur de l'intégrale première $\mathbf{A}(t)$, on peut écrire les fonctions d'ondes acceptables sous forme d'un développement suivant des fonctions propres de l'opérateur $\mathbf{A}(t)$, solutions de l'équation d'ondes. Dans ce développement les coefficients conservent au cours du temps leurs valeurs initiales.

3. En Mécanique classique un nombre suffisant d'intégrales premières indépendantes permet l'intégration complète du problème posé, car chaque nouvelle intégrale première vient préciser la solution. En Mécanique ondulatoire il n'en va pas de même, par suite de l'existence de grandeurs incomposables. Si deux grandeurs intégrales premières **A** et **B** sont incomposables, on ne pourra au plus connaître que la valeur de l'une d'elles; par suite les fonctions d'ondes acceptables pourront être des fonctions propres de la grandeur mesurée, mais pas des deux à la fois. Ainsi, si les opérateurs associés à deux grandeurs intégrales premières ne commutent pas, en général on ne pourra pas utiliser à la fois ces deux intégrales premières pour l'intégration de l'équation d'ondes; elles seront dites *non simultanément utilisables*. Par exemple, en l'absence de champ extérieur ou si sa composante suivant l'axe des x est nulle, $\mathbf{p}_x$ et $x - (t/m)\mathbf{p}_x$ sont deux intégrales premières non simultanément utilisables.

Cependant, dans certains cas, il peut arriver que deux grandeurs, auxquelles correspondent des opérateurs qui ne commutent pas, puissent avoir des fonctions propres communes pour certaines valeurs propres particulières des deux opérateurs. Alors les deux opérateurs intégrales premières, bien que ne commutant pas, seront exceptionnellement utilisables simultanément pour ces valeurs particulières. Ce cas particulier se présente si le commutateur **AB** — **BA** des deux grandeurs admet la valeur propre zéro. C'est ce qui se produit par exemple pour deux composantes du moment cinétique.

4. Définissant les crochets de Poisson quantiques à la manière de Dirac, on établit un théorème qui est le transposé du théorème de Poisson classique :

Si **A** *et* **B** *sont deux opérateurs intégrales premières, l'opérateur* [**A**, **B**] *est aussi un opérateur intégrale première.*

La démonstration de ce théorème est un peu plus délicate que la démonstration classique, car il faut montrer que l'opérateur formé en faisant le crochet de Poisson de deux opérateurs intégrales premières **A** et **B** satisfait aussi à la condition (1), et que de plus, si les opérateurs **A** et **B** sont deux opérateurs associés à des grandeurs physiques, leur crochet de Poisson est un opérateur associable à une grandeur physique.

Remarquons qu'en général, au cas où il ne se réduit pas à une constante, le crochet de Poisson de deux opérateurs et ces deux opérateurs ne donnent pas trois intégrales premières simultanément utilisables; par suite elles sont toutes trois distinctes, ce qui n'était pas assuré en Mécanique classique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le principe fondamental de la Mécanique ondulatoire relativiste et les équations d'onde associées au moment de la quantité de mouvement.* Note de M. **Bernard Kwal.**

Nous allons étendre le principe fondamental de la Mécanique ondulatoire relativiste à toutes les grandeurs physiques, en lui donnant l'énoncé suivant :

Les équations primaires qui définissent les états propres d'une grandeur physique, relative au corpuscule de spin 1/2, s'obtiennent en remplaçant judicieusement par les opérateurs quantiques les expressions classiques correspondantes dans les formules de transformation relativiste, reliant la valeur que possède la grandeur physique en question dans un référentiel possible à la valeur qu'elle possède dans un référentiel galiléen arbitraire.

Dans notre Note précédente (1) nous avons étudié les équations d'onde associées au quadrivecteur quantité de mouvement-énergie. Cette fois-ci nous allons nous occuper du moment de la quantité de mouvement.

---

(1) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 905.

Considérons deux matrices X et $\overline{P}$,

$$(1)\qquad X=\begin{vmatrix} x_4-x_3 & x_1+ix_2 \\ x_1-ix_2 & x_4+x_3 \end{vmatrix},\qquad \overline{P}=\begin{vmatrix} \frac{w}{c}+p_3 & -(p_1+ip_2) \\ -(p_1-ip_2) & \frac{w}{c}-p_3 \end{vmatrix},$$

qui satisfont aux transformations de Lorentz

$$(2)\qquad X=\psi^{-1}X'\widetilde{\psi}^{\star}\qquad \text{et}\qquad \overline{P}=\widetilde{\psi}^{\star-1}\overline{P}'\psi.$$

Il en résulte pour l'expression $M=X\overline{P}$ la transformation

$$(3)\qquad M=\psi^{-1}M'\psi\qquad \text{ou}\qquad M'\psi=\psi M.$$

Nous allons quantifier la dernière équation, en posant

$$(4)\qquad p'_k=-\frac{\hbar}{i}\partial_k\qquad \text{et}\qquad p'_4=\frac{w'}{c}=\frac{\hbar}{i}\partial_t.$$

Il vient

$$(5)\qquad \begin{cases} \mathfrak{M}\psi=\frac{\nu}{\hbar}\psi M(\mathfrak{M}_0\psi_\alpha{}^\delta+\mathfrak{M}_\alpha{}^\beta\psi_\beta{}^\delta)=\frac{i}{\hbar}[\psi_\alpha{}^\delta M_0+\psi_\alpha{}^\varepsilon M_\varepsilon{}^\delta] \\ \text{avec}\quad \mathfrak{M}=X\Delta,\qquad \mathfrak{M}_\alpha{}^\beta=\chi_{\alpha\dot{\varepsilon}}\mathcal{D}^{\dot{\varepsilon}\beta},\qquad \mathfrak{M}_0=\chi_{\varepsilon_1\dot{\varepsilon}_2}\mathcal{D}^{\dot{\varepsilon}_2\varepsilon_1}. \end{cases}$$

Les équations composées s'obtiennent en prenant deux systèmes simultanés d'équations primaires avec des fonctions d'onde ${}^1\psi$ et ${}^2\psi$ et, en posant

$$(6)\qquad \begin{cases} \Psi_1={}^1\psi_1+i{}^2\psi_1+{}^1\psi_4^\star+i{}^2\psi_4^\star, & \Psi_5={}^1\psi_3+i{}^2\psi_3+{}^1\psi_2^\star+i{}^2\psi_2^\star, \\ \Psi_2={}^1\psi_1+i{}^2\psi_1-{}^1\psi_4^\star-i{}^2\psi_4^\star, & \Psi_6={}^1\psi_3+i{}^2\psi_3-{}^1\psi_2^\star-i{}^2\psi_2^\star, \\ \Psi_3={}^1\psi_2+i{}^2\psi_2+{}^1\psi_3^\star+i{}^2\psi_3^\star, & \Psi_7={}^1\psi_4+i{}^2\psi_4+{}^1\psi_1^\star+i{}^2\psi_1^\star, \\ \Psi_4={}^1\psi_2+i{}^2\psi_2-{}^1\psi_3^\star-i{}^2\psi_3^\star, & \Psi_8={}^1\psi_4+i{}^2\psi_4-{}^1\psi_1^\star-i{}^2\psi_1^\star. \end{cases}$$

On aboutit ainsi aux équations

$$(7)\qquad \begin{aligned} &\left[\mathfrak{M}_0\alpha^4{}_4+\frac{i}{2}(\mathfrak{M}_{nm}\beta^{nm4}{}_4)+\mathfrak{M}^4{}_n\alpha^n{}_4\right]\Psi \\ &=\frac{\hbar}{i}\varepsilon^{nmk4}\left[\frac{1}{6}M_0\beta_{nmk,4}+\frac{i}{2}M_{nm}\alpha_{k4}+M_{ik}\beta_{nm4}{}^i\right]\Psi, \end{aligned}$$

où $\alpha_{n,m}$ et $\beta_{klm,x}$ généralisent les matrices α et les matrices de spin de la théorie de Dirac et où le tenseur ε^{nmkl} est égal à zéro lorsque deux des nombres n, m, k, l sont égaux, et est égal à ± 1 suivant que ces nombres forment une permutation paire ou impaire par rapport à 1, 2, 3 et 4.

Considérons maintenant les corpuscules pour lesquels on peut définir un référentiel propre (corpuscules de Dirac). Dans le système propre nous avons $M_{12}=M_{23}=M_{31}=0$, $M_{4i}=x_i m_0 c$ et $M_0=x_4 m_0 c$. Les équations primaires, associées au moment de la quantité de mouvement, s'écrivent donc

$$(8)\qquad \mathfrak{M}\psi=\frac{i}{\hbar}m_0 cX\widetilde{\psi}^\star,\qquad \text{avec}\quad \psi=\begin{vmatrix}\psi_1\\ \psi_2\end{vmatrix},\qquad \text{ou}\qquad \mathfrak{M}_0\psi_\alpha+\mathfrak{M}_\alpha{}^\varepsilon\psi_\varepsilon=\frac{i}{\hbar}m_0 c x_{\alpha\dot{\varepsilon}}\psi^{\dot{\varepsilon}},$$

en considérant un second système analogue et, en posant

$$(9)\quad \begin{cases} \psi = {}^1\psi + i\,{}^2\psi, \qquad 0 = {}^1\psi - i\,{}^2\psi, \\ \Psi_1 = \psi_1 + i\theta_2^*, \quad \Psi_2 = \psi_1 - i\theta_2^*, \quad \Psi_3 = \psi_2 + i\theta_1^*, \quad \Psi_4 = \psi_2 - i\theta_1^*, \end{cases}$$

il vient

$$(10)\qquad [\alpha_4 \mathfrak{M}_0 + \mathfrak{M}_{4k}\alpha^k + i\mathfrak{M}_{kl}\alpha_4{}^{kl}]\,\Psi = \frac{i}{h} m_0 c[-\alpha X_4 + i X_k \alpha^k{}_4]\,\Psi,$$

où α_j, α_j^k et α_j^{kl} sont les opérateurs de la théorie de Dirac, correspondant respectivement au courant, au moment électrique et magnétique et au spin.

COUCHES MINCES. — *Sur la relation entre la conductivité des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation thermique et leur transparence.* Note de M. **Louis Dunoyer**.

J'ai indiqué (1) que la résistivité des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation thermique et leur transparence devenait pratiquement infinie pour une transparence de 0,45, après avoir augmenté de plus en plus rapidement à partir d'une transparence de 0,22 environ. Les observations dont il s'agit dans la présente Note sont relatives à ce domaine de transparence.

Elles ont été faites sur des miroirs rectangulaires de 45 sur 60mm. Le long des petits côtés une couche d'Al épaisse avait été déposée dans le but d'assurer un meilleur contact entre la couche transparente et les mâchoires d'amenée du courant. Dans les premières mesures, ces mâchoires étaient reliées aux bornes d'un point de Wheatstone. D'autre part la transparence des couches entre les bandes terminales avait été explorée et trouvée constante, à quelques centièmes près, pour chaque miroir. Le tableau suivant indique les résistances trouvées entre bandes terminales, par ordre de transparences décroissantes :

Nº du miroir.....	6.	5.	7.	9.	10.	11.	12.
Transparence moyenne...	0,82	0,82	0,70	0,52	0,45	0,26	0,13
Résistance en ohms......	∞	∞	116.000	∞	∞	74	16

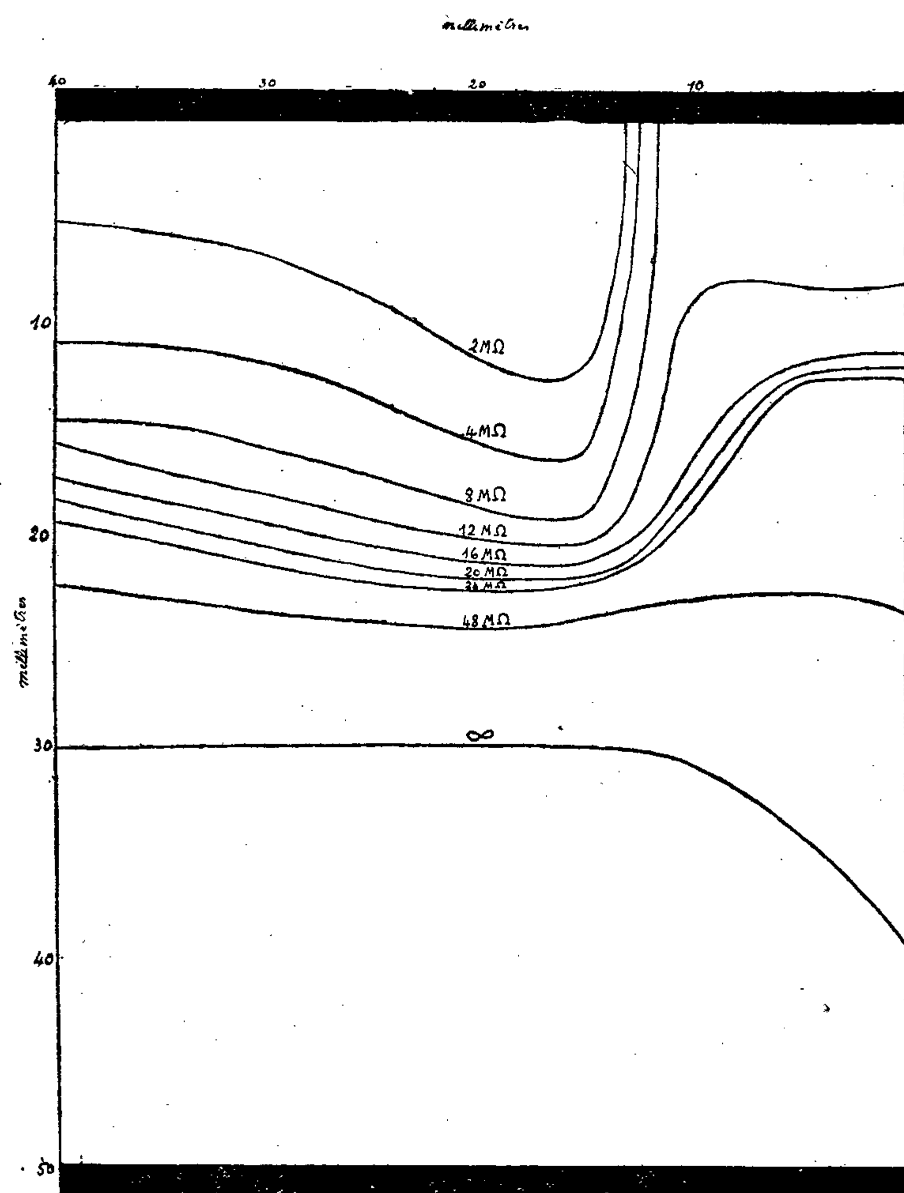
Dans ces conditions de mesure, on retrouve une forte conductivité dès que la transparence devient inférieure à 0,25 environ. Mais le miroir 7 indique une anomalie, puisqu'il est beaucoup moins résistant que les miroirs 9 et 10, beaucoup moins transparents cependant.

Pour étudier ce singulier phénomène, j'ai changé de méthode pour la mesure de la résistance. Les contacts ont été pris directement sur la couche transparente au moyen de deux billes d'acier poli, soudées aux extrémités

(1) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 907.

de deux tiges de laiton guidées librement dans un bloc d'ébonite et appuyées normalement sur la couche par des poids de 100g. Ces deux tiges étaient insérées dans un circuit comprenant une batterie d'accumulateurs (généralement 38 volts), un micro ou un milliampèremètre et une résistance de protection pour ces appareils. On mesurait le courant qui passait dans le circuit, et l'on en déduisait la résistance opposée au passage du courant par la couche entre les contacts des billes.

Ce procédé ne permet pas de calculer la résistivité, parce qu'on ne connaît pas la forme des lignes de courant dans la couche. Mais ces lignes doivent s'écarter pratiquement très peu de la ligne droite joignant les contacts, car la mesure du courant restait la même jusqu'à ce que les contacts



fussent tous deux à quelques dixièmes de millimètre des bandes épaisses ou, au contraire, d'un bord latéral du miroir. A défaut d'une mesure effective de la résistivité, ce montage permettait donc *d'explorer* la conductibilité de la couche, par exemple de dixième en dixième de millimètre, le long de pistes perpendiculaires aux bandes terminales.

J'ai ainsi découvert que la résistance infinie des miroirs 6, 5, 9, 10 provenait, non pas de ce que la couche était partout isolante entre les bandes terminales, mais de ce que, sur chacun de ces miroirs, il existait entre les bandes, sans variation appréciable de la transparence, des *zones de conductibilité nulle.*

Une exploration méthodique du miroir a permis de tracer la carte des résistances entre contacts. La figure ci-dessus reproduit cette carte. Les bandes noires représentent les bandes terminales d'aluminure épaisses. Les courbes sont les lieux d'égale résistance entre contacts. On voit que la résistance, relativement faible au voisinage de l'une des bandes terminales, devient 25 fois plus grande vers le milieu du miroir, puis infinie pour tout le tiers du miroir contigu à l'autre bande.

Pour le domaine de transparence étudié, tout se passe donc comme si, pratiquement, *la conductibilité de la couche ne dépendait pas uniquement de sa transparence.* On conçoit d'ailleurs facilement qu'une variation de structure puisse influer beaucoup sur la résistivité sans influer pour autant sur la transparence.

D'autres expériences semblent indiquer que l'état de la surface sur laquelle se dépose la couche, notamment la présence ou l'absence sur cette surface de molécules gazeuses adsorbées, joue un rôle important dans la conductibilité de la couche métallique. Les travaux de divers expérimentateurs avaient déjà montré que la température de la surface au moment où se produit le dépôt exerce aussi une influence [2].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode d'étude potentiométrique d'un équilibre complexe.* Note [1] de M. **Jean Byé**.

1. *Exposé théorique.* — Soient A et B deux espèces chimiques, donnant en solution une série de complexes. Considérons le volume V de la solution qui contient en tout une molécule-gramme de A, et représentons par x le nombre total de molécules-gramme de B introduites dans le volume V. Soit E l'énergie nécessaire pour constituer le système, par voie isotherme et réversible, à partir du solvant pur et de deux solutions de A et B purs. Nous avons, V et x étant pris pour variables indépendantes,

$$\text{Log}[B] = \frac{1}{RT}\frac{\partial E}{\partial x}. \tag{1}$$

Représentons par N le nombre total de molécules-gramme (corps purs et complexes) contenu dans le volume V. Nous avons

$$N = -\frac{1}{RT}\frac{\partial E}{\partial \,\text{Log}\, V}. \tag{2}$$

La comparaison des équations (1) et (2) donne

$$\frac{\partial N}{\partial x} = -\frac{\partial\,\text{Log}[B]}{\partial\,\text{Log}\,V}, \tag{3}$$

(2) Par exemple G. Hass, *Ann. der Phys.*, **31**, 1938, p. 245; *Kolloïd. Zeits.*, **100**, 1942, p. 230; Krautkrämer, *Ann. der Phys.*, **32**, 1938, p. 537.

(1) Séance du 25 juin 1945.

d'où l'on déduit

$$N = N_0 - \int_0^x \frac{\partial \operatorname{Log} B}{\partial \operatorname{Log} V} dx. \tag{4}$$

Si B est un ion pour lequel on sache construire une électrode réversible, log[B] peut être déterminé par des mesures potentiométriques. L'équation (4) permet alors d'obtenir des renseignements analogues à ceux que donnent la cryoscopie ou l'ébulliométrie. $N_0 = 1$ si le corps A, en solution pure, est à l'état de molécules simples.

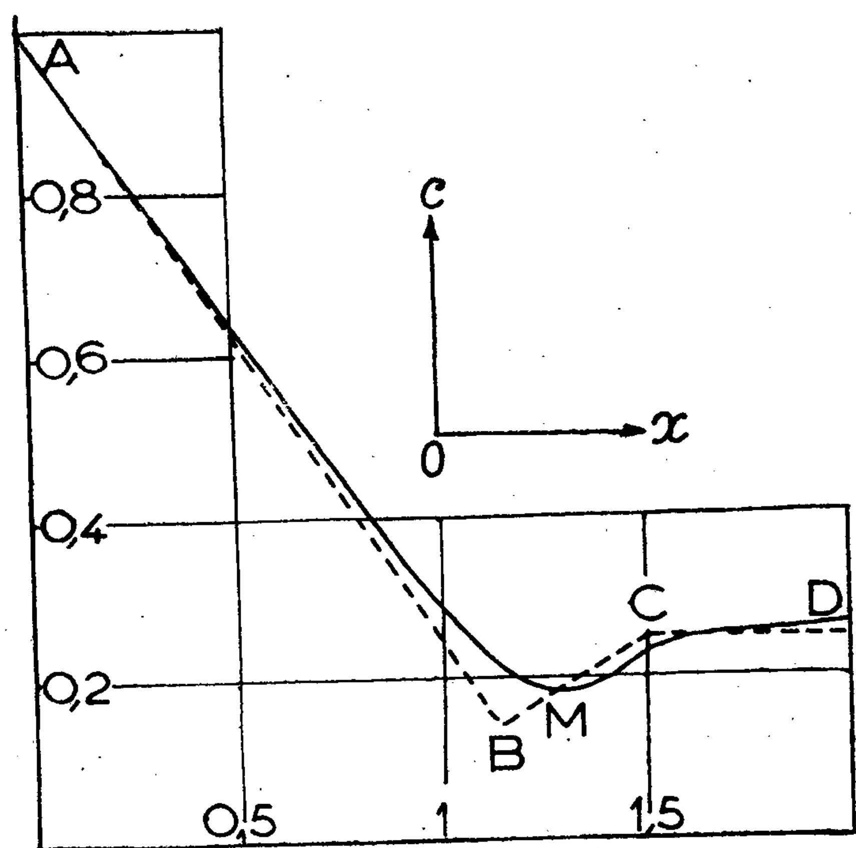
Le nombre total de molécules-gramme de complexes divers contenant le corps A, y compris le corps A lui-même est, dans le volume V,

$$c = N - V[B]. \tag{5}$$

Ce nombre est important, car il nous renseigne sur l'état moyen de condensation des complexes, relativement au corps A. Il nous donne les mêmes renseignements qu'un solvant cryoscopique qui ne serait sensible qu'au corps A et aux complexes contenant ce corps.

Le procédé ne donnera des résultats acceptables que si les lois des gaz s'appliquent. J'ai essayé d'atteindre ce résultat en opérant en présence d'un gros excès d'un électrolyte étranger.

2. *Application.* — J'ai appliqué cette méthode à l'étude de l'acidification de l'ion MoO^{4--} par l'ion H^+(B) dans une solution deux fois normale de chlorure



de sodium. Les détails sur le procédé expérimental ont été publiés ailleurs [2]. Les résultats sont représentés par la figure ci-dessus. En abscisses, j'ai porté le rapport x du nombre de molécules-gramme d'acide chlorhydrique au

---

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1942, p. 360.

nombre de molécules-gramme de molybdate neutre de sodium mises en œuvre. Le volume V, contenant en tout une molécule-gramme de molybdate, est égal à 28,3 *l*, moyenne géométrique entre 20 et 40 *l*. L'élément différentiel de l'intégrale (4) a été déterminé par la variation du pH de la solution lorsque le volume molaire V passe de 20 à 40 *l*. J'ai porté en ordonnées le nombre c défini par l'équation (5).

J'ai représenté en pointillés la ligne brisée que l'on devrait obtenir si l'acidification donnait, d'une manière successive et totale, un anion paramolybdique à 7 atomes de molybdène et un anion tétramolybdique. On constate que :

1° les deux courbes sont très voisines dans la partie AB et dans la partie CD. On vérifie ainsi que la réaction doit bien débuter par la formation d'un paramolybdate et se terminer par la formation d'un tétramolybdate. Pour $x = 2$ on obtient $c = 0,269$, au lieu de $c = 0,25$.

2° dans la zone intermédiaire BC, la courbe passe par un minimum M d'abscisse 1,3. L'ordonnée de ce minimum est 0,184, alors que celle du point B est 0,143. On peut donc conclure que les anions qui se forment ont un degré de condensation supérieur à $1/0,184 = 5,4$ et que la réaction n'est pas totale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation et les propriétés physiques et chimiques du benzsélénazole*. Note de MM. **Charles Courtot** et **Jean Develotte**.

Poursuivant notre étude sur les cycles hétérogènes, nous communiquerons aujourd'hui quelques résultats relatifs à un cycle carboné sélénié et azoté, le benzsélénazole.

Ce composé a déjà fait l'objet de publications, de Bauer (1) sur les matières intermédiaires à sa préparation, puis de Clark (2).

Nous avons, dans la présente Note, cherché simplement à supprimer certains intermédiaires dans la préparation et à améliorer les rendements finaux de cet intéressant composé. Les auteurs précités partaient de l'orthonitraniline, la transformant après diazotation et copulation avec le sélénocyanure de potassium en orthonitrosélénonitrile, puis de là passaient à l'orthonitrosélénophénol sodé, par action de la soude en solution, réduisant ensuite ce dérivé nitré par l'hydrosulfite de sodium en ortho-aminosélénophénol sodé, qu'ils oxydent ensuite par l'eau oxygénée ou le ferricyanure de potassium en ortho-ortho'-diaminodiphényldisélénure, produit transformé ensuite en sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol par réduction au zinc en milieu acide, introduisant un atome de zinc entre les atomes de sélénium du diséléniure. Le rendement global en sel de zinc de ces opérations est 56 % du rendement théorique.

Nous avons cherché à supprimer l'intermédiaire ortho-ortho'-diamino-

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, **46**, 1913, p. 92.
(2) *J. of Chem. Soc. London*, 1927, p. 2805.

diphényldiséléniure et à réduire directement le dérivé nitré en aminosélénophénol. Pour ce faire :

1° Nous avons essayé la réduction par le zinc en poudre, en milieu sodique. Les résultats ont été généralement bons, mais parfois irréguliers, par suite de différences de réactivité des poudres de zinc, à tel point qu'avec certains échantillons de ce métal on arrachait du sélénium sous forme de séléniure de sodium et dans ce cas le rendement s'abaissait même au-dessous de 50 %.

2° Nous avons opéré alors la réduction directe de l'orthonitrosélénophénol par le zinc en poudre et l'acide chlorhydrique en milieu alcoolique avec vive agitation et refroidissement de la masse réactionnelle au-dessous de la température d'ébullition. On obtient finalement un mélange gris foncé que l'on filtre après complet refroidissement; le chlorhydrate de l'orthoaminosélénophénol restant en grande partie sur le filtre est repris par l'eau acidulée chaude, qui le dissout, puis filtré de nouveau, les filtrats réunis sont traités par l'acétate de sodium suivant la technique de Bauer et Clark pour la précipitation du sel de zinc. On obtient ainsi le sel de zinc othoaminosélénophénol très régulièrement avec des rendements d'au moins 70 %.

Le benzsélénazole est ensuite formé par condensation du sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol avec l'acide formique. Clark a obtenu un rendement de 26 % après 14 heures d'ébullition; nous avons repris cette méthode et amélioré considérablement le rendement, puisqu'il est en moyenne de 70 % par addition d'une certaine quantité de chloroforme à l'acide formique, ce qui a pour but d'abaisser la température de la réaction, qui est achevée en 2 heures 1/2 en moyenne; nous donnerons des détails sur ce procédé dans un autre Recueil.

Le benzsélénazole se présente sous forme de cristaux incolores fondant à 31-32°, bouillant à 130° sous 10mm, présentant facilement le phénomène de la surfusion; entraînable à la vapeur d'eau, le benzsélénazole cause une faible sensation d'anesthésie locale sur la langue.

Ses sels sont très hydrolysés en solution aqueuse. Le chlorhydrate est instable et perd spontanément de l'acide chlorhydrique à l'air. Le sulfate forme de belles aiguilles blanches solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans le chloroforme, l'éther ordinaire et le benzène; il noircit à 187° et fond à 190°. Le bromhydrate, en aiguilles blanches, fond à 132-133° avec décomposition. Le picrate forme de petits cristaux jaunes fondant à 173°.

Nous nous proposons d'étudier les propriétés du benzsélénazole vis-à-vis des organomagnésiens, mais nous notons dès maintenant qu'il est, de ce point de vue, beaucoup moins actif que le méthylbenzthiazole, dont nous avons fait connaître les propriétés dernièrement [3].

---

(3) Charles Courtot et Jacques Metzger, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 487.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des α-méthylcyclohexylamines stéréoisomères et action de l'acide nitreux sur ces dernières.* Note de MM. **Pierre Anziani** et **Raymond Cornubert**, présentée par M. Marcel Delépine.

N'ayant pu obtenir que deux des trois αα'-diméthylcyclohexanols possibles ([1]), mais possédant les trois αα'-diméthylcyclohexylamines concevables ([2]), il était indiqué de songer à transformer ces amines en les alcools correspondants; mais auparavant il fallait s'assurer de la conservation des configurations stériques dans le passage d'une amine à un alcool sous l'influence de l'acide nitreux. En effet, si Skita, sans autre explication, déclare qu'il en est bien ainsi pour les formes *cis* et *trans* de l'α-méthylcyclohexylamine ([3]), il n'en est pas moins vrai que cette affirmation est en opposition avec des données expérimentales diverses concernant d'autres amines cyclaniques.

Préparation des α-méthylcyclohexylamines stéréoisomères. — L'hydrogénation de l'oxime F 43° de l'α-méthylcyclohexanone donne uniquement l'amine *trans*, de dérivé benzoylé F 150°,5 lorsqu'on utilise le sodium et l'alcool comme source d'hydrogène. Par contre on obtient l'amine *cis*, de dérivé benzoylé F 108-110°, en hydrogénant par le platine en milieu acétique; toutefois plusieurs expériences nous permettent de dire que la teneur en amine *cis* n'est de 100 % que si le catalyseur platine a une activité suffisante; si celle-ci est trop faible on rencontre une petite quantité de dérivé *trans*, d'autant plus forte que l'activité catalytique est plus faible.

Nous inspirant de notre précédent travail sur la réduction de l'α-méthylcyclohexanone par voie catalytique dans différents milieux ([4]) nous avons voulu réaliser ici aussi des hydrogénations en milieu neutre. Une hydrogénation dans le cyclohexane s'est révélée très difficile et très incomplète; l'amine engendrée, transformée en dérivé benzoylé, a fourni un dérivé F 103-105°, représentant un mélange d'environ 15 % de dérivé *trans* et de 85 % de dérivé *cis*. Une autre tentative d'hydrogénation dans l'alcool butylique nous a fait rencontrer les mêmes difficultés.

De plus, Skita indiquant qu'on obtient l'α-méthylcyclohexylamine *cis* en réduisant l'oxime F 43° de l'α-méthylcyclohexanone par l'amalgame de sodium à 2,5 % en présence d'alcool et d'acide acétique, nous avons tenu à contrôler son expérience. Dans un premier essai nous n'avons pu déceler que l'isomère *cis*, mais la répétition de cette réduction nous a fait

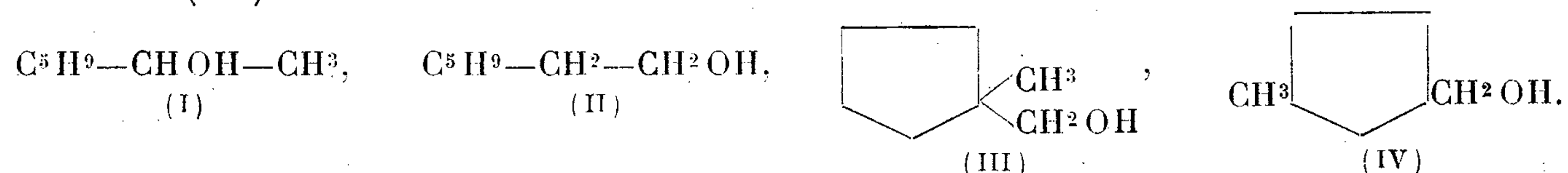
---

([1]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 233.
([2]) *Ibid.*, **217**, 1943, p. 197.
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, **56**, 1923, p. 1014.
([4]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 71.

constater la génération des isomères *cis* et *trans*; de plus, avec des techniques modifiées, nous avons encore obtenu des mélanges des isomères *cis* et *trans*.

Action de l'acide nitreux sur les α-méthylcyclohexylamines. — Le traitement de l'isomère *trans* par l'acide nitreux à 100° nous a donné quantitativement l'alcool *trans* (phényluréthane F 105°) à côté d'un peu de carbure.

En opérant de la même manière avec l'isomère *cis*, nous n'avons pas trouvé la moindre trace d'α-méthylcyclohexanol *cis* (de phényluréthane F 93°), mais seulement l'alcool *trans* (avec un bien moins bon rendement que dans le cas précédent) à côté d'un peu de carbure et d'une certaine quantité d'un autre alcool de phényluréthane F 103° qui correspond *a priori* à une transposition cyclique et qui n'est ni le cycloheptanol ni l'un des alcools cyclopentaniques (I) et (II) de phényluréthanes respectives F 88-89°, 71° et 47°,5, mais qui pourrait être soit l'alcool (III), soit l'alcool (IV) :



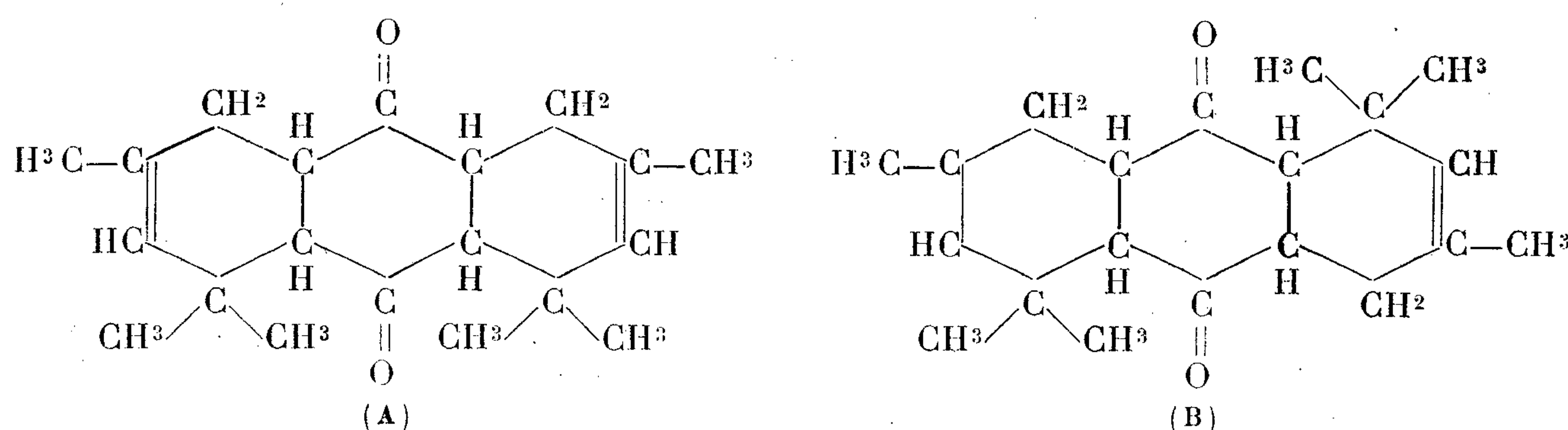
On pouvait penser qu'en opérant à plus basse température la double transposition ne se manifesterait peut-être plus; or, aussi bien à 40° qu'à une température inférieure à 15°, nous avons retrouvé le précédent résultat. Il fallait aussi se demander si l'inversion n'était pas due à l'excès d'acide nitreux agissant sur l'α-méthylcyclohexanol *cis* qui se serait formé tout d'abord; l'expérience a montré qu'il n'en est pas ainsi. Enfin, l'inversion étant notée par passage au phényluréthane, on pouvait se demander aussi si le phényluréthane *cis* ne subissait pas une transposition stérique sous l'influence de l'isocyanate de phényle non entré en réaction; il n'en est encore pas ainsi.

En résumé, 1° en opposition avec Skita nous avons noté que, dans le seul cas de l'isomère *trans*, on observe le maintien de la configuration stérique en passant de l'amine à l'alcool sous l'influence de l'acide nitreux; 2° la comparaison du passage de l'α-méthylcyclohexanone aux alcools correspondants et de celui de l'oxime de cette cétone aux amines en dérivant montre qu'une réduction alcaline conduit à un dérivé *trans* et que l'hydrogénation catalytique au noir de platine donne un alcool *cis* pur en milieu acétochlorhydrique et une amine *cis* pure en milieu acétique, si, dans ce dernier cas l'activité du catalyseur est suffisante. En milieu neutre, dans un cas comme dans l'autre, l'hydrogénation catalytique conduit à un mélange des isomères *cis* et *trans*; 3° dans le cas de l'αα'-diméthylcyclohexanone et de l'oxime F 79° de cette cétone sous la forme *cis*, au contraire [1], la réduction par le platine fournit un alcool et une amine stériquement purs, aussi bien en milieu acide qu'en milieu neutre, et l'on

obtient le même alcool et la même amine en ces divers milieux acides ou neutres; 4° le milieu acide n'est donc pas toujours nécessaire pour observer un phénomène déterminé d'orientation stérique; le nombre des ramifications portées par la matière première joue ici son rôle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un cas d'existence d'empêchement stérique explicable par l'hypothèse de Sachse.* Note de MM. **René Jacquemain** et **Pierre Galliot**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous ([1]) ayant obtenu assez facilement la dioxime de la diméthyl-2.7 tétraméthyl-4.5 $\Delta_{2.6}$-octahydroanthraquinone-9.10 (A) par chauffage en tube scellé pendant dix heures à 120°, nous avons jugé bon de reprendre l'étude de l'oximation de ce composé, dont la constitution laisse prévoir qu'il doit présenter l'empêchement stérique à cette réaction. Même si l'on admet que la condensation de la benzoquinone et du diméthyl-2.4 pentadiène-2.4 donne



naissance à l'isomère (B), ces deux formules ont, en effet, une certaine similitude avec celles des quinones ayant fait l'objet des travaux de Kehrmann, qui ont permis de mettre en évidence l'indifférence du groupe CO vis-à-vis de l'hydroxylamine lorsqu'il y a deux substituants en ortho. D'autre part, du seul point de vue de l'encombrement spatial autour des groupes CO, on peut admettre qu'il y a analogie avec celui existant autour de la même fonction dans une cyclohexadione disubstituée. Suivant la formule choisie, il s'agit d'une cyclohexadione portant soit un, soit deux groupements isopropyles en ortho, et il a été prouvé par G. Vavon et P. Anziani ([2]) que la vitesse d'oximation de l'orthoisopropylcyclohexanone était presque nulle. Ces raisons pouvaient faire craindre que, sous l'influence du chauffage élevé et prolongé auquel elle avait été soumise, la quinone ait été plus ou moins transformée, ce qui expliquait cette oximation facile, aussi nous avons repris l'oximation à basse température et déterminé sa vitesse.

Pour une étude semblable, P. Anziani ([3]) a mis au point la méthode suivante. Il mélange

---

([1]) R. Jacquemain, *Thèse Sciences*, Paris, 1943, p. 114.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 140.
([3]) *Thèse de Sciences*, Nancy, 1936, p. 23.

des solutions équimoléculaires de cétone et d'hydroxylamine ou de chlorhydrate. A des intervalles de temps convenables, il titre par volumétrie soit l'hydroxylamine n'ayant pas réagi, soit l'acide chlorhydrique libéré par formation d'oxime. Pratiquement il utilise une solution alcoolique de cétone et une solution aqueuse de chlorhydrate d'hydroxylamine. Ce mode opératoire était inutilisable dans notre cas, la quinone étant seulement soluble dans la pyridine, ce qui interdisait tout dosage alcalimétrique. Nous avons finalement opéré en milieu pyridinique anhydre et suivi la marche de la réaction en dosant l'hxdroxylamine n'ayant pas réagi, par oxydation permanganique, ainsi que nous le décriront dans un autre Mémoire. Nous utilisions 50$^{cm^3}$ de solution pyridinique de quinone à 3 % (M/100) et un égal volume d'une solution pyridinique de chlorhydrate d'hydroxylamine à 1,39 % (2 M/100). Ces solutions, en équilibre de température, étaient mélangées au temps 0. Les dosages portaient sur 10$^{cm^3}$ du mélange réactionnel et l'on utilisait pour l'oxydation 3$^{cm^3}$ d'une solution permanganique à 3 %. Le dosage était effectué à l'aide d'un uréomètre à mercure de Yvon.

Afin de vérifier cette technique, nous avons repris les travaux d'Anziani sur l'oximation de l'acétophénone et de la butyrone. Nos résultats sont tout à fait comparables aux siens. On pourrait craindre que la solution pyridinique de chlorhydrate d'hydroxylamine soit instable, mais nous avons constaté qu'à 25°, il n'y avait pas plus de 4 % de base détruite après trois semaines, ce qui est négligeable, nos essais n'ayant pas dépassé huit jours.

Oximations comparées de la diméthyl-2.7 tétraméthyl-4.5 $\Delta_{2.6}$-octahydroanthraquinone-9.10 (I) et de l'anthraquinone (II).

Temps minutes.	I volume dégagé.	oxime %.	Temps minutes.	II volume dégagé.	oxime %.
	cm³			cm³	
2	7,44	16,40	0	4	0
20	6,52	26,70	–	–	–
50	5,30	40,50	–	–	–
80	4,65	47,80	–	–	–
120	4,51	49,40	120	2,75	32,30
420	3,86	56,70	240	2,75	32,30
540	3,45	61,30	–	–	–
1440	2,60	70,80	–	–	–
3180	0,64	92,80	1440	2,50	37,50

(concentration en anthraquinone 0g,520 pour 50$^{cm^3}$ de solution pyridinique).

Il résulte de ces mesures que l'oximation de la diméthyl-2.7 tétraméthyl-4.5 $\Delta_{2.6}$-octahydroanthraquinone-9.10 est rapide et complète à basse température et qu'il n'y a pas d'empêchement stérique, tandis qu'au contraire l'oximation est très lente avec l'anthraquinone, beaucoup moins encombrée. Cette constatation s'explique facilement par la constitution plane de l'anthraquinone, tandis qu'il est vraisemblable que la quinone étudiée est formée, en accord avec l'hypothèse de Sachse, par la connexion de cycles gauches et qui le sont d'autant plus qu'il est concevable que les répulsions mutuelles des groupes méthyles, qui ne sont pas négligeables, augmentent la distorsion. On peut donc trouver ici une nouvelle vérification de l'hypothèse de Sachse d'une part, et une donnée intéressante sur l'empêchement stérique dans les cycles

sans tension. On peut encore expliquer la rapidité relative de l'oximation par l'aptitude vraisemblable de cette quinone à prendre la forme tautomère. On sait que, selon Steward, le CO *naissant* possède une grande activité et que, pour lui, la vitesse d'oximation dépend autant de ce facteur que de l'empêchement stérique.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Dosage direct de l'oxygène dans les houilles. Rapports entre l'indice de matières volatiles et la teneur en oxygène d'une part, et quelques propriétés fondamentales des houilles d'autre part.* Note de MM. **Henri Lefebvre** et **Constantin Georgiadis**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Il est bien connu que l'indice de matières volatiles V ne fixe pas à lui seul tous les caractères d'une houille; pourtant, comme il est facile à déterminer, et souvent suffisant pour apprécier l'aptitude à tel emploi particulier, il est à la base de la plupart des classifications industrielles; il n'en reste pas moins vrai que la composition élémentaire, les propriétés physiques ou physicochimiques, le comportement au cours d'une pyrogénation à basse ou haute température, le pouvoir calorifique etc., dépendent encore d'autre chose qui pourrait bien être, par exemple, la teneur en carbone ou en hydrogène, la structure macroscopique ou microscopique etc.; mais on n'est parvenu, dans cette voie, à aucune conclusion de portée générale. Certains auteurs sont d'avis que c'est plutôt la teneur en oxygène, variable pour chaque valeur de V entre des limites assez éloignées l'une de l'autre et fonction de V, qui doit jouer le rôle essentiel; mais le dosage de cet élément par différence, exclusivement employé jusqu'ici, laisse place à des erreurs relatives si considérables qu'aucune loi simple n'est jamais apparue.

Convaincus du rôle primordial de l'oxygène, nous avons recherché et mis au point une méthode de dosage direct de cet élément dans les houilles; une étude systématique de quelques propriétés d'un nombre considérable d'échantillons provenant principalement du bassin du Nord et du Pas-de-Calais, nous a permis ensuite de montrer que la plupart d'entre elles sont des fonctions parfaitement définies et très précises de l'indice V et de la teneur O en oxygène, parfois extrêmement sensibles aux variations de cette dernière.

Dosage direct de l'oxygène. — La méthode que nous avons employée dérive de celle de Ter Meulen et Heslinga [1] et sera décrite en détail dans un autre Recueil. Elle consiste à pyrogéner la prise d'essai à très haute température dans un courant d'hydrogène pur, à craquer énergi-

---

(1) *Nouvelles méthodes d'analyse chimique organique,* Paris, 1932.

quement les gaz et vapeurs dégagés, puis à les hydrogéner en présence de nickel réduit, dans des conditions telles que tout l'oxygène présent à l'état combiné dans les gaz de craquage se retrouve à l'état d'eau, facile à doser. Quelques modifications de détail ont permis d'étendre la méthode au dosage direct de l'oxygène dans des corps liquides à la température ordinaire ou facilement fusibles. L'appareil, chauffé par plusieurs fours électriques, et sa mise en état de fonctionnement sont un peu plus compliqués que pour le dosage classique du carbone et de l'hydrogène; mais, lorsque tout est en place, la mesure elle-même n'est pas plus longue. L'erreur relative sur O, qui est toujours calculée en % par rapport au charbon pur, ne dépasse qu'exceptionnellement 1 %, et est imputable en partie à l'hétérogénéité de la prise d'essai. Grâce à certaines précautions déjà indiquées par Ter Meulen et Heslinga, ni le soufre ni l'azote ne gênent le dosage. Les houilles maigres ou demi-grasses contiennent quelques unités % d'oxygène, les grasses à longue flamme jusqu'à 9 %, et les flénues davantage encore.

Gonflement des houilles grasses. — Cette caractéristique a été déterminée au dilatomètre d'Audibert et Delmas, et s'exprime numériquement par le quotient de l'amplitude du mouvement ascensionnel du piston par la hauteur initiale de la prise d'essai (0 à 500 % dans nos expériences). L'indice V, ici toujours évalué sur charbon pur, a été obtenu par chauffage à 1050° dans un double creuset. Nous avons constaté que le gonflement est une fonction parfaitement définie de V et de O. Pour chaque valeur de V, le gonflement croît quand O décroît, et pour une teneur en oxygène donnée, le gonflement croît toujours avec V. Par exemple, pour V = 20 %, le gonflement est de 25 ou de 100 %, suivant qu'il y a 3,7 ou 3,1 % d'oxygène; pour V = 36 % les gonflements de 25 et 450 % correspondent respectivement à O = 8,75 et O = 4,87. Nous avons constaté de même que, compte tenu de la valeur de V, O est d'autant plus faible que le culot de coke obtenu dans la mesure de V est plus gonflé. Si donc par une série de déterminations préliminaires on a fixé les limites entre lesquelles varie O pour chaque valeur de V, on a pratiquement le moyen de connaître, en même temps que V, une valeur approximative de la teneur en oxygène.

Teneur des houilles en hydrogène. — Tant que V est inférieur à 20, la teneur H en hydrogène (% sur charbon pur) est très sensiblement une fonction linéaire croissante de la seule variable V (H = 3,65 pour V = 10; H = 4,3 pour V = 20). Pour les houilles plus riches en matières volatiles, les valeurs de H trouvées pour une même valeur de V s'étalent sur un large intervalle, dont les deux limites sont d'autant plus élevées que V est plus grand, mais, à égalité de teneur en matières volatiles, H est d'autant plus élevé que O est plus faible, de sorte que, compte tenu des remarques précédentes, le simple examen du culot de coke obtenu dans la déter-

mination de V permet d'avoir une valeur approximative de H si, par une série d'essais préliminaires, on a déterminé H pour toute une gamme de houilles correspondant à diverses valeurs de V et donnant des culots de coke plus ou moins gonflés. H atteint 5,5 pour les houilles les plus gonflantes à 38 % de matières volatiles, mais ne dépasse jamais 5 dans le cas des flénues.

Produits de distillation à la cornue Fischer. — *a.* Le rendement en goudron primaire anhydre n'est fonction que de la valeur de l'indice V (ordre de grandeur : 7 % pour V = 25; 12 % pour V = 35).

b. Par contre la quantité d'eau formée simultanément n'est fonction que de la teneur de la houille en oxygène, et croît avec elle (1,5 % du poids du charbon pur pour O = 3,5; 4,25 pour O = 8).

c. Dans le goudron primaire anhydre, le rapport du poids des phénols (produits solubles dans les lessives alcalines) au poids des autres constituants est également fonction de la seule teneur en oxygène de la houille et croît avec elle (10 % pour O = 4; 35 % pour O = 8).

En résumé, après avoir mis au point une méthode pratique et précise de dosage direct de l'oxygène, nous avons montré que certaines propriétés des houilles sont en rapport étroit avec leur indice de matières volatiles et leur teneur en oxygène. L'étude d'autres propriétés a conduit à des résultats analogues.

GÉOLOGIE. — *Sur les laves précambriennes de l'Anti-Atlas.*
Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

La présence dans l'Anti-Atlas de laves précambriennes associées aux formations détritiques a été déjà annoncée par plusieurs auteurs (1). Tous se basaient sur la présence de discordances angulaires entre deux séries successives de laves accompagnées de leur cortège de brèches, tufs, conglomérats et grès. Malgré leur faciès semblable, l'une des deux séries superposées était de ce fait classée dans le Précambrien, l'autre maintenue dans le Géorgien inférieur.

Des discordances analogues furent signalées par L. Neltner et moi-même dans la région de Kerdous (Anti-Atlas occidental) (2). A notre avis, elles apparaissent au sein même du complexe lavique antérieur à la transgression géorgienne et sont dues à une succession de phases tectoniques posthumes faisant suite à la dernière grande époque orogénique précam-

(1) J. Bondon, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 7, 1937, p. 151; J. Bourcart, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 8, 1935, pp. 115-132; L. Neltner, *Notes et Mém., Serv. Mines, Maroc*, 42, 1938, p. 74; E. Roch, *ibid.*, 51, 1939, p. 46.

(2) *C. R. Somm. Soc. Geol. Fr.*, 5e série, 8, 1938, p. 168.

brienne. Cette activité tectonique, de faible ampleur d'ailleurs, contemporaine de l'épanchement de ces laves, serait par conséquent une caractéristique de l'époque précédant dans le Sud Marocain la transgression géorgienne. Les discordances entre complexes laviques successifs perdraient l'importance que leur prêtaient les auteurs et ne conserveraient qu'une signification locale.

Pendant les années 1941-1942 j'ai pu reconnaître la généralité de ces mouvements posthumes et des discordances qu'ils engendrent à travers tout l'Anti-Atlas. Je ne citerai que trois exemples :

1° La région Sud d'Ouarzazate où, en particulier à Issougri, des rhyolites et andésites verticales sont recouvertes, en discordance, par deux autres séries rhyolitiques peu inclinées et également discordantes entre elles;

2° La région montagneuse au Sud de Bou Azzer où, dans les gorges de l'Oued Zaouia Sidi Blal, des grès et des rhyolites pliés en genou sont recouverts par la puissante carapace lavique du J. Maslassène;

3° Le massif montagneux d'Irhiri moyen, où l'on peut facilement déceler trois ou même quatre discordances successives semblables à celles de Kerdous.

La répétition de ces faits dans tout l'Anti-Atlas, bien qu'il soit impossible de suivre latéralement ces discordances au milieu de séries de même faciès, mais à variation latérales rapides, justifie entièrement notre interprétation émise en 1938.

Je ne saurais donc subdiviser le complexe des conglomérats et des laves de l'Anti-Atlas. Toutes les séries laviques et conglomératiques successives, malgré les discordances qui peuvent les séparer, font ainsi partie de la même période instable qui précède la transgression géorgienne et termine la longue époque de destruction de la dernière grande chaîne précambrienne. Dans cette conception la fin du Précambrien, tel qu'il a été défini par L. Neltner (3), est la discordance principale qui rase cette chaîne ancienne et sépare les schistes et quartzites, avec leur cortège de granites, et autres roches éruptives, des épanchements laviques et des dépôts conglomératiques qui ont recouvert cette surface.

Or, récemment, dans le socle du massif du Siroua (4), j'ai reconnu d'autres laves, *indubitablement précambriennes* et tout différentes de celles mentionnées ci-dessus. Elles se placent *à la base de la série algonkienne* et recouvrent en discordance des micaschistes archéens (les deux termes *Algonkien* et *Archéen* ayant ici la signification que leur a donnée L. Neltner) (3).

Cet Algonkien est formé par plusieurs milliers de mètres de grès et de schistes verts. Il constitue la partie Ouest de la plaine de Tamassirt et du plateau d'Asdremt, ceux-ci de micaschistes archéens et de granites (4).

(3) *Ibid.*, p. 60.
(4) *Ibid.*, p. 75.

Puis, à l'Ouest du Haut-Irhiri, il s'étend sur la majeure partie du socle à l'Est du Siroua. Au delà d'Amassine, le contact Algonkien-Archéen contourne périclinalement la région archéenne, et, entre les Aït Makhlouf et Aït Nebdas, vient se perdre sous les termes discordants du complexe des conglomérats et des laves du massif de l'Irhiri moyen cité plus haut.

A l'Ouest de la plaine de Tamassirt, la base de la série algonkienne se compose d'une masse de conglomérats à éléments essentiellement quartzitiques surmontés localement de laves vertes très altérées à faciès andésitique ou basaltique ([5]). Sur le plateau d'Asdremt, les conglomérats manquent et la série débute par des laves variées.

Les conglomérats réapparaissent dans les gorges de l'Irhiri, en amont de Tachaokcht. Sur la rive gauche de cet oued, ils atteignent plusieurs centaines de mètres (piste automobile du Siroua). Plus loin, dans la direction d'Amassine, des laves essentiellement leucocrates se joignent aux conglomérats et s'y intercalent. La série est la plus puissante au Sud d'Amassine, où elle est partiellement digérée par le granite algonkien récent. Elle se compose d'une alternance plusieurs fois répétée de conglomérats ou grès et de laves.

Les laves algonkiennes sont également très puissantes au Sud-Ouest de la région archéenne (côté Aït Makhlouf).

Génétiquement, ces laves et conglomérats de la base de l'Algonkien, comme ceux qui précèdent la transgression géorgienne, peuvent être comparés aux basaltes et grès rouges du Permo-Trias. Chacune de ces trois séries termine le cycle de destruction d'une chaîne et est suivie d'une transgression marine.

GÉOLOGIE. — *Sur la localisation des lentilles de houille dans le Keuper moyen de Lorraine.* Note de M. **Jean Ricour**, présentée par M. Charles Mauguin.

A la suite d'études entreprises pour le compte du Bureau des Recherches Géologiques et Géophysiques sur les gisements de houilles Keupériennes dans le département des Vosges, j'ai été amené à faire diverses constatations.

1° *Nature de la couche de houille.* — J'ai effectué, sur des échantillons provenant des gisements de Sainte-Menge, Norroy, Contrexéville, Gemmelaincourt, un certain nombre de polissages selon la méthode préconisée par M. A. Duparque ([1]) et adaptée par Mme S. Defrétin aux houilles tendres et aux lignites ([2]). J'ai introduit dans le deuxième mode opératoire

([5]) G. Choubert, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 289.

([1]) *Mém. Soc. Géol. Nord*, **11**, 1933, p. 35.

([2]) *Bull. Soc. Géol. France*, **13**, 1943, p. 489.

décrit par Mme Defrétin une légère variante. Après avoir immergé pendant 24 heures les échantillons dans le pétrole, je les ai dégrossis sur des toiles émeri de plus en plus fines, puis polis à l'alumine sur disque de buffle. Ce procédé, qui évite tout travail à l'eau, m'a permis d'obtenir avec la même rapidité qu'avec la deuxième méthode de Mme Defrétin des surfaces polies qui sont encore parfaites aujourd'hui, soit un an après leur confection (³).

Toutes les surfaces polies de ces houilles triasiques que j'ai examinées (soit une quinzaine) au microscope métallographique m'ont révélé que le constituant principal de la houille est le *vitrain*, c'est-à-dire une pâte colloïdale amorphe. Cette pâte joue le rôle d'un ciment qui englobe les particules minérales cristallisées (pyrite ou autre). Dans un seul des échantillons, et étroitement localisés, j'ai pu observer des débris végétaux attribuables à des cuticules disposées selon les lits de la roche.

Dans toutes les exploitations que j'ai pu étudier et malgré toutes mes recherches, les terrains encaissants ne m'ont fourni que des restes végétaux indéterminables.

Au contraire, en bordure de ces lentilles, les puits et sondages qui n'ont pas rencontré de houille m'ont fourni d'abondants débris, parmi lesquels des empreintes d'*Equisetum* parfaitement conservées.

Malgré de nombreuses recherches effectuées dans les mines de Contrexéville, Sainte-Menge et Gemmelaincourt, je n'ai jamais trouvé, au mur de la couche, la moindre trace de *sol de végétation*.

Toutes ces observations concourent à établir que *les houilles triasiques des Vosges sont des formations entièrement allochtones*.

2° *Nature des terrains encaissants.* — On peut dire qu'en règle générale le *Grès à Roseaux*, au sein duquel se trouvent les couches de charbon, est plus grossier sur la bordure des lentilles de houille qu'aux endroits où existent ces lentilles. Un fait analogue a déjà été observé par Van Werweke dans le département de la Moselle (⁴). Il est remarquable que cet auteur fasse une distinction entre le *Schilfsandstein* (⁵), là où existe une couche de houille importante et le *Schilfsandstein mit Pflanzenabdrücken*, là où il n'existe que des traces de houille.

Je crois que, pour la région de Gemmelaincourt, on peut, en s'inspirant des lois générales de la sédimentation, pousser plus loin le raisonnement et dire que l'épaisseur des sédiments qui séparent le toit de la houille du

---

(³) Le même résultat est obtenu par Mme Defrétin par polissage entièrement à l'huile (sans alumine, ni buffle). Son procédé est extrêmement long, mais s'applique aux lignites les plus tendres.

(⁴) Van Werweke, *Erläuterungen zu Blatt Saarbrücken*, 1908, p. 221.

(⁵) *Grès à Roseaux*.

mur de la *Dolomie en Dalles* est plus forte sur le pourtour qu'au centre des lentilles.

Les travaux de recherche et d'exploitation exécutés ces dernières années à Gemmelaincourt permettent même de préciser que la distance qui sépare le toit de la couche de houille du mur de la *Dolomie en Dalles* croît en sens inverse de l'épaisseur de la couche, c'est-à-dire du centre de la lentille au bord de la lentille.

3° *Détection des lentilles de houille par des observations géologiques de surface.* — Les formations comprises entre la *Dolomie en Dalles* et la houille offrent donc des caractères qui varient (nature pétrographique et puissance) suivant qu'elles recouvrent ou non des lentilles charbonneuses.

Les sédiments qui accompagnent la couche de houille sont plus fins et moins épais que ceux que l'on trouve au même niveau en bordure de ces lentilles. Il doit donc être possible de localiser, par une étude de surface, les régions où l'on peut trouver la houille, mais il reste bien évident que l'on ne trouvera pas obligatoirement de la houille aux endroits où le Grès à Roseaux est peu épais, car, pour des raisons diverses, il a pu arriver que le dépôt de houille ne se soit pas effectué précisément en cet endroit.

Une telle étude permettra tout au moins d'éliminer certains secteurs des zones possibles de recherche.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Les ponctuations aréolées des fibres des genres* Schizandra *L.*, Kadsura *J.*, Illicium *L. et leurs rapports avec la phylogénie.* Note [1] de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les genres *Schizandra* et *Kadsura*, classés tout d'abord dans les Magnoliacées par Bentham et Hooker [2], en ont été séparés par Hutchinson [3]; cet auteur les a rangés dans la famille des Schizandracées, laquelle diffère par l'unisexualité des fleurs, le fruit charnu, puis surtout par la disposition spiralée des sépales et des pétales. Ce dernier caractère, déjà mis en évidence par Baillon [4], sépare nettement ces deux genres de Magnoliacées, où le périanthe est disposé en 3 verticilles trimères (*Magnolia, Liriodendron, Manglietia, Michelia, Talauma*).

De même Van Tieghem [5] a retranché des Magnoliacées le genre *Illicium*, pour en faire le représentant de la famille des Illiciacées. Ce genre se distingue en effet par les carpelles uniovulés, la déhisceuce suturale des follicules et aussi par le type acyclique de la fleur, dont tous les éléments suivent le trajet d'une spirale (les carpelles ne se montrent verticillés qu'en apparence).

---

(1) Séance du 28 mai 1945.

(2) *Genera Plantarum*, I, 1862, p. 19.

(3) *The Families of flowering Plants*, I, 1926, p. 83.

(4) *Histoire des Plantes*, I, 1867-1869, p. 146.

(5) *Journ. de Bot.*, 14, 1900, p. 259.

La présence de ponctuations aréolées avait été signalée par Garratt ([6]) sur les parois des fibres du bois secondaire des Schizandracées; mais l'auteur ne donne aucune indication sur les dimensions des aréoles et sur la forme de leurs ouvertures. Ne trouvant d'autre part aucune description précise des ponctuations des fibres du xylène des Illiciacées, nous avons examiné en coupe longitudinale les tiges de 13 espèces de *Schizandra*, de 9 espèces de *Kadsura* et de 6 espèces d'*Illicium*.

Ces recherches nous permettent de signaler que, dans les deux premiers genres, sur les faces latérales des fibres du xylène, les aréoles se montrent toujours circulaires et que leurs ouvertures présentent la forme d'étroites boutonnières obliques par rapport à l'axe. Parfois les fentes d'une même ponctuation restent parallèles entre elles, mais plus souvent elles s'entrecroisent en X; ces ouvertures atteignent à peine le pourtour de l'aréole, dont le diamètre varie de 6 à 8^{μ}; ces ponctuations, très rapprochées les unes des autres, sont ordinairement disposées en une seule file. L'étude des tiges d'Illicium nous a révélé, sur les faces des fibres ligneuses, l'existence de semblables ponctuations aréolées, mais dont le diamètre atteint environ $6^{\mu},5$.

De telles ponctuations distinguent nettement les fibres de ces trois genres de celles décrites par Moll et Janssonius ([7]) dans le bois secondaire des genres *Magnolia*, *Manglietia*, *Michelia* et *Talauma*. Dans les espèces qu'ils ont examinées, ces auteurs signalent, sur les parois latérales des fibres, des aréoles de petite dimension, dont le pourtour est dépassé par les fentes (nous constatons nous-même, chez *Magnolia Yulan* Desf., que la diamètre des aréoles atteint au plus $3^{\mu},5$ et que les ouvertures se prolongent jusqu'à 7^{μ} au delà du cercle). Chez ces Magnoliacées les fibres réalisent, par la forme de leurs ponctuations, le type décrit par Jeffrey ([8]) sous le nom de *fibres trachéides*.

Il n'en est pas de même chez *Schizandra*, *Kadsura* et *Illicium*, où les fibres, par la morphologie de leurs ponctuations, sont comparables aux trachéides des *Cycas*; par ce fait intéressant, ces trois genres s'écartent des Magnoliacées. D'autre part *Illicium* se sépare des Schizandracées par l'absence d'éléments scléreux à paroi incrustée de petits cristaux d'oxalate de calcium; ces curieux éléments, très répandus dans l'écorce et le liber des tiges de toutes les espèces de *Schizandra* et de *Kadsura*, ne se retrouvent pas non plus chez les Magnoliacées.

Ces particularités anatomiques se joignent aux caractères de la fleur et du fruit pour justifier le classement de *Schizandra* et *Kadsura* d'une

---

([6]) *Tropical Woods*, 36, 1933, p. 20.

([7]) *Mikrographie der Holzes auf Java vorkommender Baumarten*, I, 1906, p. 80.

([8]) *The anatomy of woody plants*, 1930, p. 31.

part, de *Illicium* d'autre part, dans des familles spéciales : les Schizandracées et les Illiciacées.

Du point de vue phylogénétique, la considération exclusive des vaisseaux ligneux nous amenait à placer les Schizandracées, les Illiciacées et les Magnoliacées au même niveau dans l'échelle des Apocarpales; en en effet le bois secondaire de tous les genres de ces 3 familles se fait remarquer par la prédominance du vaisseau scalariforme. Il n'en est plus de même si l'on se base sur les ponctuations des fibres : les aréoles des Schizandracées et des Illiciacées manifestent un degré d'archaïsme incontestablement plus accentué que celles des fibres trachéides des Magnoliacées; ces dernières réalisent une forme intermédiaire entre la fibre à ponctuations du type cycadéen et la fibre libriforme des Phanérogames supérieures caractérisée par la disparition de l'aréole. De plus, par leurs fleurs acycliques, les Schizandracées et les Illiciacées se montrent plus primitives que les Magnoliacées, dont la fleur est hémicyclique. L'organisation des ponctuations aréolées des fibres, dans ces trois genres, se trouve en pleine corrélation avec les données de la morphologie florale et nous autorise à placer ces deux petites familles à un niveau plus ancien que les Magnoliacées dans l'arbre généalogique des Apocarpales.

GÉNÉTIQUE. — *Les effets de la tétraploïdie chez le Sorgho sucrier.* Note (¹) de Mlle **Aline Dusseau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La culture du Sorgho sucrier (*Andropogon sorghum* Brot. var. *vulgaris* Hack. ou *Sorghum vulgare* Pers. var. *saccharatum*) commençant à se répandre dans le Sud-Ouest, surtout en vue de la production de l'alcool, nous avons appliqué à deux variétés de cette plante, en avril 1943, le traitement à la colchicine additionnée de méthylcellulose, en déposant une goutte sur le jeune coléoptile, dans le but d'obtenir une lignée tétraploïde pour chacune d'elles.

Les plantules ayant réagi ont donné des plantes un peu plus courtes et plus tardives que les témoins. Les panicules ont été préservées de la pollinisation étrangère par des sacs. La taille des grains de pollen, mesurée comparativement à celle des témoins, a permis de penser que l'opération avait réussi; les graines furent récoltées.

Au printemps 1944 l'examen des mitoses, dans la racine principale de ces graines mises au germoir, a confirmé la tétraploïdie; le nombre des chromosomes s'est révélé égal à 40, alors que chez les témoins nous avons trouvé $2n = 20$, comme prévu (Rau, Faworow, Marinaga, Fukushima, Kanô, Maruyama, Yamasaki, 1929).

(¹) Séance du 28 mai 1945.

Les plantules contrôlées, bien que privées de leur racine principale, furent repiquées, avec un numéro, parmi les autres issues des mêmes lots de graines et ne s'en distinguèrent nullement au cours du développement.

Les lots diploïdes et tétraploïdes de nos variétés A et B furent cultivés dans des conditions sans doute assez éloignées des conditions de la culture industrielle, mais en tout cas aussi identiques que possible, une première série à Bordeaux, une autre à Bergerac.

Les lots tétraploïdes se distinguèrent par l'absence de thallage et une tardivité marquée qui ne permit pas à la variété B_{4n} de mûrir cet automne à Bordeaux. Les plantes tétraploïdes sont donc unitiges, plus courtes mais plus trapues que les diploïdes, comme le montrent le tableau ci-dessous :

Hauteur moyenne et diamètre maximum des plantes à la récolte.

	2n.	4n.	2n.	4n.
Variété A..............	275^{cm}	215^{cm}	22^{mm}	36^{mm}
» B..............	255	205	18	28

Mais l'expérience avait été faite surtout dans le but de contrôler les variations possibles de la teneur en sucre. L'analyse a donné les résultats suivants en % de matière fraîche des cannes, soit un net enrichissement des tétraploïdes :

Variété..................	A.		B.	
	2n (diploïde).		4n (tétraploïde).	
Sucres réducteurs..........	2,9	5	4,6	6,5
Saccharose................	2,28	2,75	5,51	7,79
Sucres totaux..............	5,3	7,9	10,4	14,7

Ces résultats, obtenus dans des conditions différentes de celles de la grande culture, sur des échantillons réduits et avec des procédés d'extraction rudimentaires, n'ont évidemment qu'une valeur de comparaison.

Des essais en culture devront nous permettre de voir si, malgré leur manque de thallage et leur faible hauteur, les cannes de sorgho tétraploïdes conserveront leur avantage; il doit être possible de pallier au manque de thallage par aménagement de la densité de la plantation.

CHIMIE AGRICOLE. — *Carence potassique chez la Vigne décelée par le contrôle chimique de la feuille, avant l'apparition de la brunissure.* Note [1] de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

Des recherches sur lesquelles nous n'avons pas à revenir ont montré : 1° que les rendements élevés épuisent la Vigne, surtout en potasse, et qu'à partir d'un

---

[1] Séance du 5 mars 1945.

certain épuisement apparaît la brunissure; 2° que ni l'azote, ni l'acide phosphorique ne peuvent compenser l'insuffisance de potasse; 3° que, si l'élément potassique fait disparaître finalement les symptômes de la maladie, l'inefficacité de l'engrais causée par le pouvoir rétenteur du sol, peut porter sur plusieurs années.

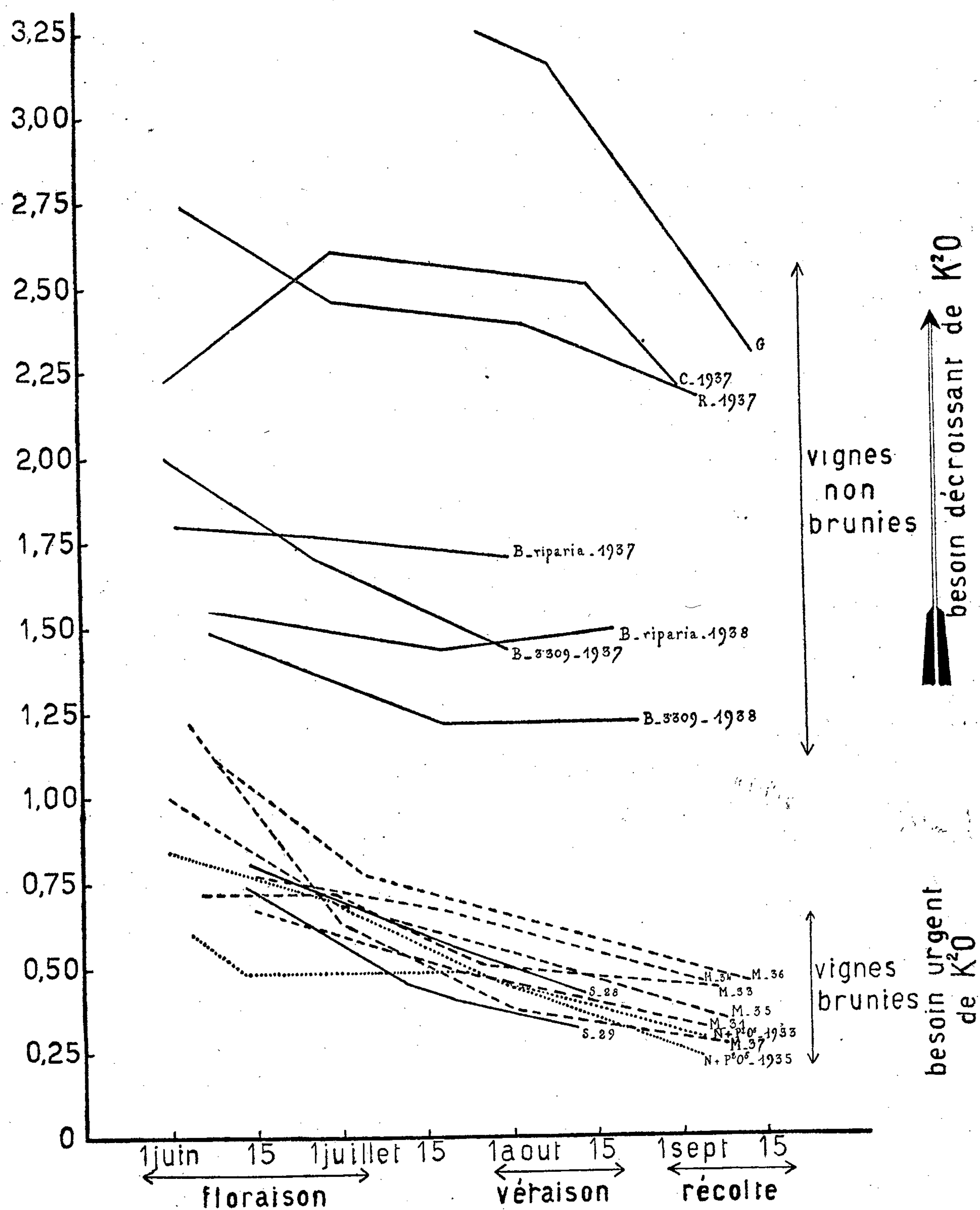
Problème envisagé. — Une Vigne étant jugée insuffisamment productive, existe-t-il un procédé d'observation permettant d'attribuer cette insuffisance à une mauvaise nutrition de la plante en K^2O, et cela avant toute manifestation morphologique caractéristique d'une carence prononcée, en un mot, avant toute apparence de brunissure ?

Remarque préalable. — Dans nos études sur l'alimentation en N, P^2O^5, K^2O des végétaux par la méthode du diagnostic foliaire, nous avons chaque fois attiré l'attention sur la nécessité d'envisager séparément la *quantité* et la *qualité* de cette alimentation minérale. De la quantité nous tirions la notion d'intensité d'alimentation pour chacun des principes envisagés au moment de la prise d'échantillons; de la qualité, les rapports physiologiques, c'est-à-dire l'équilibre N, P^2O^5, K^2O dans la feuille à l'instant considéré. Dans la présente Note il ne sera pas question de faire intervenir à nouveau les conséquences agronomiques d'un mauvais équilibre N, P^2O^5, K^2O dans la feuille. Par contre nous porterons toute notre attention sur l'intensité d'alimentation en K^2O, observée en plusieurs fois pendant le cours de la végétation.

Potasse dans la feuille des Vignes brunies ou non. — L'intensité d'alimentation mesurée par la quantité de K^2O pour 100 de matière sèche diminue en général assez régulièrement à mesure que la feuille vieillit; de plus, comme nous l'avons déjà indiqué (²), cette chute de teneur en K^2O dans la feuille est particulièrement rapide à partir de la floraison chez les Vignes souffrant d'une carence prononcée. Le fait essentiel que nous tenons maintenant à mettre en évidence est le suivant : dans les parcelles fortement brunies, dont certaines ont été suivies pendant plus de dix années consécutives, la dose de K^2O dans la feuille est toujours inférieure à 1 % de la matière sèche à partir de la pleine floraison. A la vendange ce chiffre descend parfois au-dessous de 0,30; les feuilles tombent prématurément et sont littéralement vidées de potasse. Par contre, dans les Vignes vigoureuses ne possédant aucun symptôme de la maladie, et dans nos parcelles d'expériences où nous n'avons plus de brunissure après fumure potassique, la proportion de K^2O est très supérieure à 1 % dans la feuille à la floraison; elle dépasse 3 % dans certains cas, et ne tombe qu'exceptionnellement au-dessous de 1 % à la vendange, cela dans les années météorologiques défavorables. C'est ce que montre le graphique ci-dessous où nous n'avons fait figurer que quelques cas, pour en faciliter la lecture.

(²) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 257.

Conclusion. — En dehors des cas extrêmes de dépérissement, de chutes de rendement, qui caractérisent, avec les symptômes de la brunissure, les Vignes



fortement carencées en potasse, nous pensons qu'il existe, d'après ce qui précède, un moyen de diagnostiquer les cas insidieux de dépérissement lent que l'on peut rattacher à une carence relative de cet élément. L'observation biochimique du vignoble, même limitée à la potasse, relève donc directement de la pratique viticole.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude expérimentale du choc. Influence de la température extérieure et de l'anesthésie.* Note de MM. **Charles Jaulmes** et **Abel Richard**, présentée par M. Léon Binet.

Avant d'aborder l'étude expérimentale du choc traumatique il nous a paru nécessaire de rechercher quels pouvaient être les rapports réciproques de la température extérieure, de l'anesthésie et d'agressions diverses.

Nous avons choisi comme animal d'expérience le Rat blanc mâle. Certains animaux ont été anesthésiés au Somnifène (injection sous-cutanée de $0^{cm^3},43$ d'une solution au 1/10 par 100^g de poids corporel, dose non toxique et provoquant une anesthésie assez légère, mais suffisante pour laisser l'animal somnolent et sans agitation gênante pendant environ 4 heures); d'autres ont reçu seulement quelques bouffées d'éther lors de l'intervention sanglante du début de l'expérience. Les animaux ont été soit laissés à la température du laboratoire, qui a varié de + 10° à + 26°, soit placés dans une caisse isothermique renfermant de la glace de façon à obtenir une température de + 10° à + 13°.

Nous avons utilisé les moyens d'agression suivants :

Broyage musculaire, obtenu par l'écrasement muscle à muscle à la pince à forcipressure, après dénudation, et en évitant les hémorragies, des muscles d'une patte postérieure (jumeaux, jambier antérieur, biceps crural et masse des adducteurs);

Excitation électrique d'un nerf sciatique dans sa continuité ou même de son bout périphérique après section. L'excitation fut faite à la bobine d'induction sous un voltage de 4 volts, la fréquence des interruptions du primaire étant de 12 à 20 par seconde. L'écartement des bobines fut réglé de telle sorte que les réponses musculaires soient paraliminaires (rares petites contractions, perceptibles le plus souvent à la palpation). Nous avons utilisé soit la méthode monopolaire d'excitation (un fil d'étain enserrant le nerf, une électrode à mèche de Bourguignon-Walter placée sous les jumeaux), soit la méthode bipolaire (deux fils d'argent de 5/10, distants de 5^{mm} enserrant le nerf).

Dans ces conditions on voit apparaître, si la température est comprise entre 10° et 15°, de façon plus ou moins tardive, un état de choc caractérisé par de la torpeur, du refroidissement, de l'hirsutisme et la disparition progressive des réactions aux excitations sensorielles. Nous avons constaté parallèlement une bradycardie sinusale progressive, facile à suivre à l'électrocardiographe et que nous avons choisie comme témoin de la défaillance circulatoire du choc. Le rythme cardiaque, partant en général de 450 environ, finit par atteindre 75 ou même 45 en l'espace de 6 à 10 heures et l'on aboutit à la mort de l'animal si l'on prolonge l'expérience.

Au-dessus de 20° il nous a toujours été impossible d'obtenir le choc et le ralentissement du rythme cardiaque.

Si l'on élimine l'action d'une anesthésie prolongée en utilisant seulement quelques bouffées d'éther données lors de la dissection, on constate que le rythme cardiaque se ralentit de façon continue et régulière depuis le début de l'expérience.

Expériences n°	Conditions.	Rythme cardiaque au cours de l'expérience (heures).																								
		0	½	1	½	2	½	3	½	4	½	5	½	6	½	7	½	8	½	9	½	10	½	11	½	12
39	Broyage musculaire (bilatéral). 26°. Somnifène.	465			480					485					480				480						465	
5	Broyage musculaire. 13°. Somnifène.	450		420		420		420		420		360		300		240		180		150		100		70		
34	Broyage musculaire. 12°. Éther.	360				310			250			165				105		70								
11	Excitation électr. 21°. Somnifène.	435	420			375			405		455		420		435		420			405		390				
17	Excitation électr. 11°. Somnifène.	375				345		285			285			210			105		15							
27	Excitation électr. 10°. Éther.	390			315				240		180			120		75										
47	Témoin. 11°. Somnifène.	465		375			315			315				345				375				335				
35	Témoin. 11°. Éther.	450				450				420				360				240		195				165		

L'anesthésie au Somnifène, bien que favorisant classiquement le refroidissement, retarde nettement l'apparition du choc, qui ne commence qu'au réveil, après une phase de recrudescence des mouvements et des réactions de l'animal aux excitations sensorielles, phase à partir de laquelle le rythme cardiaque se ralentit d'une façon souvent assez rapide.

Il y a lieu de noter qu'une température modérément basse (+ 10° à + 13°), en l'absence d'agression autre qu'une immobilisation sur un

appareil à contention, est un facteur de dépression circulatoire chez le Rat. Le choc obtenu est toutefois plus lent à se produire que lorsqu'on utilise à la même température une méthode d'agression telle que le broyage musculaire ou l'excitation électrique d'un sciatique. Mais on ne constate pas de bradycardie importante dans un délai de 10 heures si l'animal est anesthésié au Somnifène.

Les variations de température, qui ont une action bien connue sur les échanges métaboliques du petit homéotherme qu'est le Rat, ont donc également une influence primordiale sur l'apparition du choc chez cet animal.

Le tableau ci-dessus, donnant les rythmes cardiaques en fonction du temps dans diverses conditions, résume quelques-unes de nos expériences.

Conclusion. — Sur le Rat blanc il nous a été impossible d'obtenir le choc aux températures élevées (au-dessus de 18°), alors qu'on l'obtient régulièrement entre 10° et 15° avec des agressions telles que le broyage des muscles d'une patte postérieure ou l'excitation électrique d'un nerf sciatique.

L'anesthésie au Somnifène a une action retardatrice sur l'apparition du choc, qui, une fois déclenché, peut évoluer alors plus rapidement qu'en l'absence d'anesthésie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude sur l'eau des caillés de fromagerie (phosphocaséinates de calcium) et son comportement vis-à-vis de quelques substances non électrolytes.* Note [1] de M. **Germain Mocquot**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'eau contenue dans les fromages ne se comporte pas vis-à-vis des substances dissoutes comme l'eau qui s'écoule avec le sérum d'égouttage. Mac Dowall et Dolby [2] admettent l'existence d'une eau liée aux substances organiques : Pyenson et Dahle [3] arrivent aux mêmes conclusions. Enfin divers auteurs, parmi lesquels Nicloux [4], définissent l'eau liée : *l'eau qui ne peut pas agir comme solvant.*

Prenant cette définition comme hypothèse de travail nous avons déterminé les proportions d'eau liée existant dans les caillés de fromagerie (phosphocaséinates de calcium), en utilisant, comme *indicateurs* des solutions sucrées. Cette Note donne les résultats obtenus avec un caillé ainsi préparé : lait coagulé par la présure, découpé en petits fragments, chauffé à 45° (pH 6,8-7,0).

---

(1) Séance du 9 juillet 1945.
(2) *Journ. Dairy Research*, **7**, 1936, p. 156.
(3) *Journ. Dairy Science*, **21**, 1938, pp. 169, 407, 601.
(4) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **16**, 1934, p. 788.

Après lavage à l'eau courante, le caillé est immergé dans les solutions sucrées jusqu'à l'obtention d'un état d'équilibre (avec un caillé finement divisé, quelques minutes suffisent pour atteindre ce résultat). Puis on sépare, par filtration ou centrifugation, le liquide du caillé. Sur des échantillons homogènes de ces deux substances ([5]) on effectue une première prise d'essai qui sert au dosage de l'humidité. Une deuxième prise d'essai est additionnée d'un volume connu d'eau distillée. La diffusion du sucre s'opère, cette fois, en sens inverse : du caillé (ou du liquide) vers l'eau ajoutée. Lorsqu'un deuxième état d'équilibre est atteint, on dose le sucre. Toutes les manipulations ont lieu à une température inférieure à 10° et dans un délai assez court pour que les proliférations microbiennes, susceptibles de détruire une partie du sucre, n'interviennent pas.

La concentration en sucre de l'eau du caillé est toujours inférieure à la concentration en sucre de l'eau du milieu extérieur. Reprenant alors l'hypothèse et les formules de Nicloux, nous avons calculé la proportion d'eau liée correspondant à cette différence de concentration.

Les chiffres ci-dessous représentent le poids d'eau liée pour 100 de substance sèche du caillé (après avoir soustrait de celle-ci le sucre qu'elle contient).

1° *Rôle des divers constituants du caillé.* — Les lipides interviennent peu ou pas dans le phénomène; les protides (caséine) jouent le rôle principal.

2° *La concentration du sucre* ([6]) n'a pas d'influence dans les limites comprises entre 2 et 6 %.

3° *La nature du sucre.* — Les sucres suivants possédant des nombres variables d'atomes de carbone donnent les résultats que voici :

	% eau liée.
C_3, aldéhyde glycérique	24
C_5, arabinose	25
C_6, glucose, lévulose, galactose	25-28
C_{12}, saccharose, maltose, lactose	42-46
C^{18}, raffinose	59

La teneur en eau liée change suivant le poids moléculaire du sucre *indicateur*, sauf pour C_3 et C_5, semblables à C_6.

Le phénomène est à rapprocher de celui qui a été signalé par Polonovski et Lindenberg ([7]). Ces auteurs, opérant sur le Goujon et utilisant des alcools et des cétones de poids moléculaires variés, ont vu que la valeur du rapport de répartition B/A (A, teneur en alcool °/₀₀ de l'eau des tissus du Goujon; B, teneur en alcool °/₀₀ de l'eau du milieu extérieur) est fonction du poids moléculaire du corps en diffusion.

([5]) Dans ce but le caillé est rapidement essoré entre des feuilles de papier buvard.

([6]) Les essais relatés aux paragraphes 2° et suivants ont porté sur du caillé obtenu à partir de lait écrémé.

([7]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **10**, 1938, p. 1323.

4° *La présence de sel* abaisse fortement la teneur en eau liée, mais sans la faire disparaître. Dans nos essais le caillé est immergé dans une saumure contenant 15 % de ClNa et le sucre *indicateur*. La comparaison avec un témoin, non salé, montre que la diminution de la teneur en eau liée dans l'échantillon salé atteint, pour un sucre en C_6 ou en C_{12}, 30 % de la valeur primitive.

Eau liée %.

	Glucose.	Lactose.
Témoin	27,0	44,6
Salé	19,3	31,3

L'action du sel ne serait pas, ici, exactement comparable à celle qu'ont mise en évidence Polonovski et Lindenberg ([7]). Ces auteurs ont trouvé, dans un milieu plus salé que l'eau de mer, une concentration en alcool dans l'eau des tissus *supérieure* à la concentration en alcool de l'eau du milieu extérieur.

5° Enfin, dans une expérience inverse des précédentes, nous avons vérifié que la différence des concentrations en sucre entre l'eau du caillé et l'eau du sérum ne peut être imputée à une fixation du sucre par le caillé, fixation qui empêcherait la diffusion du sucre lorsque le caillé est plongé dans l'eau distillée. Voici notre essai : un poids connu de caillé, de teneur en eau H, est mis en contact avec un poids connu de solution sucrée de teneur en sucre C. Lorsque l'équilibre est atteint, on dose le sucre dans le liquide extérieur, soit C′ la concentration trouvée, et l'on calcule d'autre part la concentration C″ à laquelle on devrait arriver si le sucre était réellement dissous dans toute l'eau du caillé. C′ (trouvé) est toujours supérieur à C″ (calculé). Il est facile de déduire de cet excès la proportion d'eau liée, en partant de l'hypothèse qu'elle ne dissout pas de sucre. Les chiffres obtenus sont en accord avec ceux déterminés par le premier procédé. L'hypothèse d'une fixation du sucre par le caillé doit donc être rejetée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la présence de substances diazotables dans les extraits aqueux de muscle et leurs hydrolysats.* Note ([1]) de M. **Joseph Tabone** et Mlle **Colette Magis**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les extraits aqueux de muscle renferment deux substances diazotables, que l'on peut caractériser et différencier par l'intermédiaire des diazoïques qu'elles donnent avec le monochlorhydrate de la N-α-naphtyl (N′-diéthyl-propylènediamine). Le diazoïque de chacune d'elles passe dans l'alcool amylique lorsqu'on agite avec ce solvant leurs solutions, alcalinisées par NaOH ou acidifiées par CCl^3COOH. Cependant, tandis que le diazoïque de l'une (1) passe dans la phase aqueuse lorsqu'on agite avec une solution

([1]) Séance du 16 juillet 1945.

de SO^4H^2 l'alcool amylique qui le renferme en solution, le diazoïque de l'autre (II) au contraire reste dans la phase amylique. Nous montrons que ces substances diazotables sont extraites par l'éther dans les mêmes conditions que l'acide *p*-aminobenzoïque. L'acide *p*-aminobenzoïque d'autre part donne, après diazotation et copulation avec le réactif précédent, un diazoïque de couleur voisine de celle des diazoïques des substances (I) et (II). Cependant nous avons montré que le diazoïque de l'acide *p*-aminobenzoïque, lorsqu'il est en solution dans l'alcool amylique, reste dans celui-ci après qu'on l'a agité avec une solution de SO^4H^2. Nous pouvons donc affirmer que la substance diazotable (I), qui constitue la quasi-totalité des substances diazotables présentes dans les hydrolysats, n'est certainement pas de l'acide *p*-aminobenzoïque. Nous ne pouvons cependant pas dire si la substance diazotable (II) est l'acide *p*-aminobenzoïque lui-même.

		Diazoïques totaux (*).	Diazoïques non entraînés par SO^4H^2 dilué (*).
Extraits aqueux		1200 rose	450 rose
Hydrolysats (HCl au 1/3, durée 14 heures	T 53°....	2000 rouge violacé	220 rosé
	100°....	7000 »	120 »

(*) Absorption en lumière verte, exprimée en divisions du photomètre de Meunier et rapportée à 1g d'azote total.

Les extraits aqueux sont obtenus en laissant macérer le muscle de Veau finement haché dans deux fois son poids d'eau dans un bain-marie qu'on porte à l'ébullition. On filtre et l'on concentre sous pression réduite. Ce sont ces dernières solutions que nous avons étudiées, soit directement, soit après hydrolyse par H Cl.

Les extraits aqueux de muscle et leurs hydrolysats (ceux-ci préalablement neutralisés par une lessive concentrée de NaOH) sont acidifiés par de l'acide trichloracétique, diazotés et copulés avec le monochlorhydrate de N-α-napthyl (N'-diéthylpropylène diamine) selon la technique de Marshall. Il apparaît alors une coloration rouge, qui, étant données les conditions dans lesquelles nous opérons, peut être attribuée à la synthèse de un ou de plusieurs diazoïques.

Cette coloration est plus ou moins modifiée par des substances brunes naturellement présentes dans les extraits aqueux et surtout dans leurs hydrolysats et qu'il importe d'éliminer. Pour ce faire, on agite les solutions avec de l'alcool amylique; le diazoïque, ainsi que la presque totalité des substances brunes, passent alors dans la phase amylique. Après décantation, l'alcool amylique est lavé avec une solution diluée de NaOH. Dans ces conditions, tandis que le diazoïque reste dans la phase amylique, les substances brunes passent en presque totalité dans la phase aqueuse. On agite ensuite la phase amylique avec une solution diluée de CCl^3COOH.

Le diazoïque reste encore dans la phase amylique, mais présente alors une coloration plus intense. Nous avons déterminé l'intensité d'absorption de cette phase amylique, puis de celle provenant d'une solution témoin, dans laquelle le sel de diazonium a été détruit par chauffage. La différence entre ces deux intensités donne l'intensité d'absorption des diazoïques totaux.

On agite avec une solution de SO^3H^2 (au 1/5e) la phase amylique ainsi obtenue et provenant de la solution diazotée et copulée. On constate alors qu'une partie de la coloration reste dans la phase amylique quel que soit le nombre de lavages. Cette dernière phase amylique est agitée avec une solution diluée de CCl^3COOH. On a déterminé l'intensité d'absorption de cette dernière phase ainsi que celle de la phase amylique qui provient de la solution témoin et qui a été traitée de façon identique. La différence entre ces deux valeurs donne la valeur de l'intensité d'absorption du diazoïque non entraîné dans l'eau sulfurique.

Nous avons constaté à ce sujet qu'une autre substance diazotable, dont on discute actuellement la présence dans différents milieux biologiques, l'acide *p*-aminobenzoïque, donne un diazoïque également coloré en rouge et qui, comme lui, reste dans la phase amylique lorsqu'on la traite par une solution de SO^4H^2. Ce fait mérite une attention particulière. En effet les substances diazotables contenues dans les hydrolysats de muscle préalablement ajustés à pH 3,8 sont extraites par l'éther quand on les soumet à l'extraction continue par ce solvant, c'est-à-dire quand ils sont traités dans des conditions qui sont précisément celles que la plupart des auteurs ont adoptées pour l'extraction de l'acide *p*-aminobenzoïque présents dans les hydrolysats biologiques.

PROTOZOOLOGIE. — *Endosymbiose bactérienne et astomie chez les Ciliés.* Note (¹) de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. Louis Fage.

Ainsi qu'il a été signalé récemment ici-même (²) les trois espèces d'Infusoires Astomes les plus habituels de l'Oligochète *Lumbriculus variegatus* Müller : *Mesnilella clavata* Leidy, *M. trispiculata* Kisenskij, *Hoplitophrya secans* Stein, pris dans les environs de Clermont-Ferrand, renferment, à même dans leur cytoplasme, d'abondantes quantités de Bactéries, qui ont les caractères d'endosymbiotes. Chaque espèce de Cilié héberge un type bactérien qui lui est propre.

Ces faits n'avaient pas encore été signalés, malgré que les Astomes des Oligochètes aient été étudiés particulièrement par E. Heidenreich, de 1932 à 1935, sur les indications de Paul Buchner et dans le laboratoire

(¹) Séance du 9 juillet 1945.

(²) R. Hovasse, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 713.

même où ont été décrits, depuis vingt ans, la plupart des endosymbiotes découverts chez les Insectes, et où l'on était en droit de considérer les chercheurs comme prévenus vis-à-vis des endosymbioses possibles. J'ai ainsi douté de la généralité des faits observés.

J'ai néanmoins cherché à étudier des *Lumbriculus* provenant d'autres localités. Quelques échantillons de ce Ver ont été pris dans un bras-mort de la Reyssouze, affluent de la Saône, à Pont-de-Vaux (Ain). Dans ce bassin fluvial, bien différent de celui de l'Allier, j'ai récolté ainsi deux des Astomes considérés, *Mesnilella clavata* et *M. trispiculata*, tous deux renfermant, dans les mêmes conditions qu'en Auvergne, des Bactéries, ayant les mêmes caractères morphologiques que celles des échantillons de Clermont.

Il y a donc une très grande probabilité pour que le phénomène soit général. Sa non-observation n'est explicable que par un examen insuffisant du cytoplasme de ces Astomes. Sur le vif la mise en évidence des Bactéries intracellulaires n'est facile qu'à un très fort grossissement; sur matériel fixé elle n'est aisée que sur coupes et que s'il a été fait usage de colorations appropriées, permettant en particulier de distinguer sans peine les Bactéries des organites et enclaves cellulaires. La méthode de Volkonsky est particulièrement à recommander en pareil cas.

Il était en outre intéressant de savoir si cette particularité est spéciale à certains Astomes, ou si au contraire elle se retrouve chez d'autres espèces que les commensaux du *Lumbriculus*, en d'autres termes, s'il existe une relation entre cette endosymbiose et l'astomie.

Voici quelques-uns des premiers résultats obtenus en examinant d'autres types d'Astomes, rencontrés chez des Oligochètes communs. Étant donnée la confusion qui règne dans la systématique de ces Ciliés, les dénominations utilisées auront à être ultérieurement précisées.

Il existe constamment des Bactéries, faciles à mettre en évidence, chez *Maupasella nova* Cépède (hôtes principaux, *Eisenia fœtida*, *Eiseniella tetraedra*). Elles sont constantes, mais souvent difficiles à mettre en évidence chez *Hoplitophrya falcifera* Stein (hôtes principaux, *Allolobophora caliginosa*, *Eisenia rosea*); chez *Hoplitophrya lumbrici* Dujardin (hôte, *caliginosa*).

Elles sont moins constantes et leur quantité paraît essentiellement variable, allant du remplissage complet à l'absence totale, chez les *Anoplophrya*, en particulier chez les trois espèces les plus faciles à reconnaître : *A. lumbrici* Schrank (hôte, *Lumbricus herculeus*); *A. striata* Dujardin (hôtes, *A. terrestris*, *A. caliginosa*) et *A. alluri* Cépède (hôte, *Eiseniella tetraedra*).

Si l'on ne peut dire ainsi que l'endosymbiose soit régulièrement liée à

l'astomie, il faut reconnaître qu'elle l'est fréquemment; il paraît donc vraisemblable d'admettre que la présence de Bactéries joue un rôle dans la nutrition osmotique, spéciale à ces Ciliés.

BACTÉRIOLOGIE. — *Mode d'action de la pénicilline* in vitro. Note [1] de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'argyrophilie des microbes est un phénomène général. Le *Treponema pallidum* n'est pas le seul à fixer le nitrate d'argent réductible par divers réducteurs; il en est de même du staphylocoque, du streptocoque, du *Bacterium coli*, du pneumocoque et de certains ultravirus (vaccine, maladie de Nicolas-Favre). La méthode la plus adéquate est celle de Fontana-Tribondeau. Étant donné que, colorés de la sorte, ces divers microorganismes apparaissent plus volumineux et plus faciles à étudier, nous l'avons utilisée pour préciser le mode d'action de la pénicilline.

Technique. — On ensemence deux tubes contenant 5^{cm^3} de bouillon Truche avec les germes à étudier. Le tube *a* sert de témoin, le tube *b* est additionné de doses de pénicilline adéquates pour provoquer la lyse. Ils sont placés à 37°. On observe la progression de cette lyse dans le tube *b* et l'on fait des prélèvements dans les deux tubes, d'abord toutes les deux heures, ensuite tous les jours jusqu'au 5e ou 7e jour. Ces prélèvements servent à préparer des frottis, qu'on colore par la méthode sus-indiquée, à réaliser des ensemencements sur boîte de gélose et à évaluer la turbidité au photomètre.

Résultats. — 1° *Staphylocoque* [2] (ensemencement avec une culture de 24 heures, diluée à 10^{-1}). — *Tube témoin a*. L'opacification, due au développement des germes, débute vers la 4e heure et atteint l'infini à la 18e heure. Les staphylocoques se colorent en noir et sont de plus en plus agglutinés.

Tube contenant de la pénicilline b (de 1 à 10 UO par cm^3). — La clarification apparaît vers la 8e heure et devient totale à la 18e heure. L'aspect des germes est radicalement différent de ceux contenus dans le tube témoin. A la 4e heure déjà, les cocci apparaissent plus volumineux et noirs, mais, à la 18e heure, on constate un phénomène singulier, dont voici les détails : à côté des micrococques d'aspect normal on en distingue d'autres, qui ont augmenté de volume, sont devenus comme vidés de leur contenu et ont perdu, totalement ou en partie, leurs affinités argentophiles. Ils se colorent, en effet, en jaune clair ou en jaune brunâtre. Çà et là on distingue des granulations noires dans ce qui reste de leur cytoplasme. Ultérieurement cette transformation devient complète, les milieux les plus clarifiés contenant encore de ces ombres staphy-

---

(1) Séance du 2 juillet 1945.

(2) Souches T et Oxford.

lococciques (10e jour). Çà et là on observe cependant des cocci d'aspect normal.

2° *Bacterium coli* (ensemencement avec une culture de 24 heures, diluée à 10^{-1}). — *Tube témoin a.* Développement progressif de la turbidité et de la culture, à partir de 1h30min. Les germes sont noirs et agglutinés.

Tube contenant de la pénicilline b (400 UO par cm^3). — Des transformations analogues aux précédentes sont évidentes, quoique partielles, dès la 1re heure. De nombreuses bactéries ont perdu plus ou moins leur argyrophilie et se colorent en jaune. Certaines, parmi ces bactéries, apparaissent comme vidées de leur contenu, d'autres offrent l'aspect de *stromas* globoïdes et volumineux. Ces modifications deviennent totales, ou presque à partir de la 4e heure, les stromas persistant jusqu'au 6e jour. Clarification du milieu à la 20e heure. Dans une expérience, rechute de la culture le 3e jour (les germes n'étaient pas pénicillino-résistants) ([3]).

Conclusion. — *Il est évident que la pénicilline agit sur la membrane microbienne, dont elle atténue ou supprime, soit l'argyrophylie, soit l'aptitude du nitrate d'argent fixé à être réduit. Du fait de cette action physicochimique sur la membrane (dont la nature exacte nous échappe), l'osmose sélective normale est modifiée, d'où le gonflement du corps microbien et sa transformation en véritable stroma. De tels stromas (qui ont une tendance manifeste à s'agglutiner) persistent dans le milieu de* 3 *à* 6 *jours après l'ensemencement, date à laquelle la culture se révèle totalement stérile* (à moins qu'il y ait rechute, du fait de la pullulation de germes *persistants*, mais non pénicillino-résistants).

Ainsi une certaine analogie s'impose entre le phénomène de l'hémolyse et celui de la lyse pénicillinique.

A 15h 55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 35m.

L. B.

([3]) Nous continuons ces recherches avec d'autres germes, par la même tectonique et en utilisant le bio-photomètre de Bonét-Maury.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUILLET 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Le premier peuplement végétal sur le sol nu des sapes et trous d'obus aux environs de Léningrad.* Note de MM. **AUGUSTE CHEVALIER** et **ROBERT POTIER DE LA VARDE**.

Les bombardements survenus au cours de la guerre ont créé sur un grand nombre de points d'une partie de l'Europe des décapages du sol (trous d'obus, sapes, éboulements etc.) constituant ainsi des places nues sur lesquelles la végétation commence à s'installer.

L'un de nous a eu l'occasion d'observer récemment, près de Léningrad (par 60° de lat. N), comment se fait l'enherbement des places vides. Les Muscinées sont les premiers importants pionniers. Les espèces que nous avons recueillies ont été déterminées par R. Potier de la Varde.

Nos prélèvements ont été faits le 27 juin 1945 sur les sapes et dans les trous d'obus sur les hauteurs du Poulkovo et à Krasnoïé Sélo (Pouchkine), dans la banlieue de Léningrad, localité où séjournait chaque année, avant la Révolution, le tsar Nicolas.

D'octobre 1941 jusqu'à la fin de 1943 cette région a été criblée d'obus et des batailles innombrables se livrèrent sur l'emplacement et aux alentours jusqu'au jour où les Russes repoussèrent l'envahisseur. Le sol a été littéralement labouré, mais, moins de deux ans après, le peuplement végétal se reconstitue. Les Muscinées surtout commencent à envahir les places libres. Nous avons recueilli huit Mousses et une Hépathique. Les Mousses sont, par ordre d'abondance :

Ceratodon purpureus Brid. c. fr.; *Bryum erythrocarpum* Sw. c. fr.; *Bryum cæspiticium* L. c. fr.; *Anisothecium rubrum* (Huds.) Ldb. stér. *Funaria hygrometrica* Hedw. c. fr.; *Atrichum undulatum* P. B. stér.; *Brachythecium mildeanum* (Schp.) Schp. stér.; *Oxyrhynchium Swartsii* (Turn.) Warnst. stér. (une seule tige).

De nombreuses germinations de *Juncus* sp. (?) étaient mêlées dans les

gazons d'*Anisothecium*. Une Hépathique, *Marchantia polymorpha*, était mêlée à une association ouverte d'*Anisothecium* et *Ceratodon*.

Toutes ces espèces, à part *Brachythecium mildeanum*, sont largement répandues et leur apparition comme premiers pionniers d'un sol dévasté est assez normale.

Quelques plants de phanérogames, appartenant à la végétation spontanée voisine et surtout aux rudérales, font aussi déjà leur apparition dans les trous d'obus par touffes isolées, spécialement des plantes à graines aigrettées, qui ont dû être apportées par le vent. *Tussilago farfara* est dans ce cas et devient déjà envahissant.

Une composée adventice, originaire de la côte Pacifique de l'Amérique du Nord et envahissante depuis longtemps dans presque toute l'Europe, *Matricaria matricarioïdes* (Less.) Porter = *M. discoidea* DC., qui existait déjà dans le pays s'est répandue et pullule là où les troupes et chars de guerre ont séjourné. On la voit partout dans les ruines et même entre les dalles de marbre du beau palais Alexandre, incendié et en grande partie détruit. La même espèce foisonne aussi, ainsi que nous l'avons constaté au cours de notre voyage, aux environs de Moscou, dans les camps d'aviation de Berlin et de Varsovie. En France, au cours de la dernière guerre, elle s'est répandue aussi à foison dans la plupart des endroits bombardés, sur les ruines et dans les endroits où ont séjourné des combattants. Elle est la plante obsidionale la plus envahissante de notre époque. Sa dispersion rapide actuelle permet d'expliquer les apports de plantes rudérales communes aujourd'hui en France et qui se sont répandues d'Orient en Occident lors des invasions du Néolithique et des périodes protohistoriques.

HISTOCHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Modifications histochimiques dans les tissus pulmonaires au voisinage des particules minérales.* Note de M. **Albert Policard.**

Dans les pneumoconioses, au voisinage des poussières minérales fixées dans les tissus pulmonaires, des modifications peuvent se produire, plus ou moins accentuées suivant la nature des particules. Certaines d'entre elles sont d'ordre structural : accumulation de cellules, augmentation des dispositifs de réticuline et de collagène, œdème etc. Ces transformations ont été bien étudiées. D'autres modifications sont d'ordre humoral et chimique, sans retentissement sensible sur les structures morphologiques. Ce sont elles qui sont envisagées ici, spécialement dans les deux types de lésions observables dans les pneumoconioses, les épaississements périvasculaires et péribronchiques et les nodules.

I. Les cellules à poussières et les particules s'accumulent, on le sait,

autour des artères pulmonaires et des petites bronches, dans les voies lymphatiques abondantes à ce niveau. Elles entraînent souvent une hypertrophie de ces gaines et la formation de nodules allongés, centrés par les vaisseaux et les bronchioles. En dehors de leur épaississement, fréquemment peu accentué, ces gaines fibreuses, au niveau des accumulations de particules minérales, montrent des imprégnations calcaires et ferrugineuses révélables par voie histochimique. La microincinération indique une forte augmentation des cendres calcaires (avec, peut-être, Mg et Al), cendres solubles dans HCl et bien distinctes de celles, insolubles, abandonnées par les particules elles-mêmes. Toutes les parties conjonctives constituant les masses nodulaires périvasculaires des pneumoconioses donnent des cendres beaucoup plus abondantes que les parties conjonctives du même poumon, mais ne renfermant pas de particules minérales. La présence de celles-ci entraîne l'augmentation du calcium local. Le fait est certain, bien que son mécanisme reste à déterminer. Les cendres révélées par microincinération au niveau des masses nodulaires périvasculaires et péribronchiolaires comportent ainsi deux parties : des cendres *particulaires* fournies par les poussières minérales elles-mêmes et des cendres *tissulaires* résultant de l'imprégnation des tissus locaux (fibres conjonctives et cellules) par du calcaire d'origine humorale.

A cette imprégnation calcaire se superpose souvent, mais non constamment, une infiltration de sels de fer, révélable par la coloration jaune ou rouge des cendres (présence d'oxyde de fer). Cette infiltration est d'intensité variable suivant les poumons et suivant les points considérés. Elle est en rapport avec les processus congestifs et la destruction des globules rouges extravasés. Elle paraît indépendante de l'infiltration calcaire, car on constate quelquefois celle-ci sans imprégnation ferrugineuse. Cette dernière est, on le sait, assez banale en pathologie pulmonaire. Elle est particulièrement fréquente dans les pneumoconioses minérales. Elle explique la réaction positive pour le fer des dépôts anthracosiques et l'erreur de Virchow qui, il y a près d'un siècle, en avait conclu à la nature hématique et endogène du pigment noir du poumon. La présence de fer dans ces dépôts correspond à un processus secondaire.

II. Un processus du même ordre se déroule dans les nodules pneumoconiotiques (nodules silicotiques). On peut constater à leur niveau, à côté des cendres particulaires, insolubles dans HCl et correspondant aux parties siliceuses des particules, des cendres calcaires d'imprégnation tissulaire, solubles dans HCl. Celles-ci sont en quantités très variables, d'autant plus abondantes que la lésion paraît plus ancienne. On observe ici le même processus que dans les lésions tuberculeuses. La calcification est souvent plus accentuée dans la couche périphérique (capsule) des nodules qu'au niveau du centre.

L'imprégnation ferrugineuse est beaucoup plus rare dans les nodules que dans les épaississements périvasculaires. Elle ne frappe pas le centre du nodule, mais seulement la périphérie de sa capsule.

La connaissance de ces imprégnations calcaires et ferrugineuses des épaississements périvasculaires et des nodules est importante pour l'explication des images radiologiques si spéciales des pneumoconioses. Les poussières de charbon, de silice ou de silicates sont transparentes aux rayons X, dans les conditions de densité où elles se trouvent dans les épaississements périvasculaires et dans les nodules. L'opacité radiologique de ces lésions ne dépend pas des poussières elles-mêmes, mais des réactions histochimiques secondaires qu'elles ont entraînées à leur contact et dans les tissus voisins, spécialement dans les imprégnations calcaires et ferrugineuses. Les ombres radiologiques, élément essentiel du diagnostic des pneumoconioses, ne sont pas directement liées à la présence des poussières minérales, mais seulement à des processus histochimiques secondaires, dépendant dans une certaine mesure des particules, mais aussi d'autres conditions physiologiques, générales ou locales.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Anatomie comparée des végétaux vivants et fossiles du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Auguste Loubière* obtient 23 suffrages contre 6 à M. *Louis Emberger*.

Pour la seconde ligne il y a 14 bulletins blancs; M. *Louis Emberger* obtient 12 suffrages.

En conséquence M. **Auguste Loubière** sera présenté en première ligne à M. le Ministre de l'Éducation Nationale.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

S. Frolow. *Les fumerolles de la Montagne Pelée* (Extrait de la Revue *Martinique*, 1944, n° 1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la déformation analytique d'un domaine.* Note de Mlle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Joseph Pérès.

Divers auteurs ont étudié la représentation conforme d'un domaine simplement connexe variable. On sait ([1]) que, si la frontière Γ du domaine Δ est

([1]) A. Martschenko, *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 1, 1935, pp. 289-290.

contenue dans l'anneau $1-\varepsilon < |w| < 1+\varepsilon$, et si l'on représente Δ sur le cercle $|z| < 1$ au moyen de la fonction $w=f(z)$ satisfaisant à $f(0)=0$, $f'(0)>0$, on a l'inégalité

$$|f(z)-z| < K\varepsilon \log\frac{1}{\varepsilon} + C_1\eta \qquad (K,\ K_1 \text{ const.}), \tag{1}$$

η étant la borne supérieure du diamètre d'un arc de Γ séparé de l'origine par une coupure de longueur au plus égale à ε.

Une nouvelle démonstration de ce théorème, s'appuyant sur l'intégrale de Poisson et sur une étude directe de la continuité de $f(z)$ à la frontière, nous permet de donner à K la valeur $2/\pi$, qui ne peut être améliorée, comme le montre l'exemple

$$f(z)=z\left[\frac{1+\varepsilon-z}{1+\varepsilon+z}\right]^{-\frac{2i\varepsilon}{\pi}}.$$

Cette inégalité s'étend facilement, par transposition, au cas d'un domaine Δ *voisin* d'un domaine Δ_0 borné de même type conforme que le cercle. Si l'on suppose que Δ est intérieur à Δ_0 et que tout point de la frontière Γ de Δ peut être joint à la frontière Γ_0 de Δ_0 par un chemin intérieur à Δ_0 et de longueur inférieure à ε, et si l'on représente Δ_0 sur Δ par $w=f(z)$ avec $f(z_0)=z_0$, $f'(z_0)>0$, on a une inégalité de la forme (1), où K et K_1 ne dépendent que de Δ_0 et du point z_0 choisi. Il n'est pas nécessaire de supposer, avec M. A. Marcouchevitch ([2]), que l'angle θ de la tangente à Γ_0 avec l'axe Ox, considéré comme fonction de l'arc s de Γ_0, satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre fini λ.

Le cas d'un domaine Δ_0 dont la frontière présente des points anguleux ne semble pas avoir été examiné jusqu'ici. Nous établissons d'abord les deux lemmes suivants :

Lemme 1. — Si nous déplaçons le support d'un côté σ_0 d'un polygone Δ_0, parallèlement à lui-même, d'une quantité infiniment petite ε, pour former le côté σ_1 d'un polygone Δ_1 infiniment voisin de Δ_0 et dont tous les autres côtés ont même support; si, pour fixer les idées, Δ_0 contient Δ_1, et si z_0 est un point fixe intérieur à Δ_0 et Δ_1, la variation de la mesure harmonique satisfait aux inégalités suivantes :

a. Si les angles adjacents à σ_0 sont inférieurs à π,

$$H\varepsilon < \omega(z_0,\sigma_1,\Delta_1)-\omega(z_0,\sigma_0,\Delta_0) < K\varepsilon.$$

b. Si l'un des angles adjacents à σ_0 est supérieur à π,

$$|\omega(z_0,\sigma_1,\Delta_1)-\omega(z_0,\sigma_0,\Delta_0)| < K'\varepsilon.$$

D'autre part, si nous déplaçons parallèlement à elle-même une portion AC

([2]) *Recueil Math.*, Moscou, 43, 1936, pp. 863-884.

d'un côté AB de Δ_0, le déplacement étant parallèle au deuxième côté de l'angle A, et de mesure ε, pour former le côté A_2C_2 d'un polygone Δ_2 dont les côtés, à part CC_2 et A_2C_2, ont mêmes supports que ceux de Δ_0, on a l'inégalité

$$c. \quad |\omega(z_0, A_2C_2, \Delta_2) - \omega(z_0, AC, \Delta_0)| < K''\varepsilon \log\frac{1}{\varepsilon} \qquad (H, K, K', K'' \text{ const. positives}).$$

Lemme 2. — Si, pour deux polygones Δ_0, Δ_1 ayant mêmes angles, les mesures harmoniques des côtés correspondants (prises en un point ω_0 pour Δ_0, en ω_1 pour Δ_1) diffèrent de ε au plus, les rapports des longueurs des côtés correspondants diffèrent entre eux de moins de $k\varepsilon$ (k const.).

Application. THÉORÈME. — *Soit Δ un domaine simplement connexe dont la frontière est comprise entre deux polygones Δ_0, Δ_1 homothétiques dans le rapport $1+\varepsilon$ par rapport à un point intérieur commun z_0. On peut représenter conformément Δ sur un polygone Δ_2 ayant mêmes angles que Δ_0 et Δ_1 et dont les côtés diffèrent de ceux de Δ_0 de moins de $h\varepsilon$, de sorte que les images des sommets de Δ_2 soient à distance inférieure à $h'\varepsilon$ de ces sommets* [*h, h' étant des constantes*].

Si $w=f(z)$ réalise la représentation de Δ_2 sur Δ, quels que soient z et z' dans Δ_2 ou sur sa frontière, on a les inégalités

$$|f(z')-f(z)| < H|z-z'| + H_1\eta,$$

et

$$|f(z)-z| < K\varepsilon\log\frac{1}{\varepsilon} + K_1\eta,$$

η ayant toujours la même signification, H, H_1, K, K_1 étant des constantes.

Par transposition on étend facilement ce résultat au cas où Δ est voisin (au sens particulier défini plus haut) d'un domaine Δ_0 de type conforme polygonal.

Notons que, dans le cas où Δ_0 est un rectangle, les démonstrations se simplifient et qu'il est possible d'établir alors quelques propriétés plus particulières.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les propriétés ergodiques des fonctions de type positif.* Note [1] de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Les notations étant celles d'une Note précédente [2], on dira qu'une $f\in C$ est ergodique à gauche si le plus petit convexe fermé contenant les f_x contient une constante; définition analogue pour l'ergodicité à droite; enfin, f est ergodique si elle l'est à la fois à droite et à gauche. Un raisonnement dû à J. von Neumann [3] montre que, dans ce dernier cas, les *moyennes* à droite et à gauche sont égales et donnent naissance à une moyenne bien déterminée $M(f)=\underset{t}{M}[f(t)]$.

---

(1) Séance du 16 juillet 1945.
(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 69.
(3) *Trans. Am. Math. Soc.*, 36, 1934, pp. 445-492, th. 6.

La représentation d'une $f \in \mathfrak{T}$ exposée dans la Note précédente, conjuguée avec l'inégalité (9) de celle-ci et un théorème dû à Garrett Birkhoff ([4]), prouvent alors le

THÉORÈME 1. — *Toute $f \in \mathfrak{T}$ est ergodique; on a*

$$(1)\qquad M(f) = \inf \sum_{i,j} \alpha_i \alpha_j f(s_j^{-1} s_i) \qquad \text{pour } s_i \in G, \quad \alpha_i \geqq 0, \quad \sum_i \alpha_i = 1,$$

et en particulier $M(f) \geqq 0$.

Corollaire. — Toute $f \in \mathcal{L}$ est ergodique.

Cette proposition et le corollaire 4 de la Note citée ([1]) généralisent des propriétés bien connues des fonctions presque périodiques sur G, dont l'ensemble N est une variété linéaire fermée $\subset \mathcal{L}$.

2. Le produit de deux fonctions de $\mathfrak{T}$ étant dans $\mathfrak{T}$, il en résulte la même propriété pour $\mathcal{L}$, ce qui, joint à l'invariance de $\mathcal{L}$ par translation, permet de définir pour $f, g \in \mathcal{L}$

$$(2)\qquad f \times g(x) = \underset{t}{M}[f(xt^{-1}) g(t)], \qquad [f, g] = \underset{t}{M}[f(t)\overline{g(t)}].$$

$f \times g$ a les propriétés formelles d'un produit de composition, $[f, g]$ celles d'un produit scalaire hermitien, à ceci près que $[f, f] = 0$ n'entraîne pas nécessairement $f = 0$. On sait ([5]) toutefois que N muni de la structure définie par $[f, g]$ est un véritable espace de Hilbert.

On définira la *fonction spectrale* d'une $f \in \mathcal{L}$ par

$$(3)\qquad S_f(x) = f \times \tilde{f}(x) = \underset{t}{M}[f(xt)\overline{f(t)}] \qquad \text{où } \tilde{f}(x) = \overline{f(x^{-1})}.$$

THÉORÈME 2. — *Si $f, g \in \mathcal{L}$, on a $f \times g \in \mathcal{V}$, $S_f \in \mathfrak{T}$.*
Ce théorème résulte de

$$(4)\qquad f \times g(x) = [f, \tilde{g}_x], \qquad S_f(x) = [f, f_x].$$

La relation (4) et l'inégalité de Schwarz prouvent que

$$(5)\qquad \|f \times g\|^2 \leqq [f, f][g, g] = \|S_f\| . \|S_g\| \leqq \|f\|^2 . \|g\|^2,$$

en sorte que $(f, f) = 0$ entraîne $f \times g = 0$ quel que soit $g \in \mathcal{L}$, et que $f \in N$ entraîne $f \times g \in N$ quel que soit $g \in \mathcal{L}$.

A toute $f \in \mathcal{L}$ on peut associer l'opérateur

$$(6)\qquad A_f g = S_f \times g,$$

qui, vis-à-vis de $[f, g]$, est hermitien positif. Les méthodes de H. Weyl et J. von Neumann pour N conduisent alors au

---

([4]) *Proceed. U. S. A.*, 25, 1939, pp. 625-627.
([5]) F. RELLICH, *Math. Ann.*, 111, 1935, pp. 560-567.

Théorème 3. — *Pour toute $f \in \mathcal{L}$ on a, et de façon unique,*

$$S_f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k \Phi_k(x) + \varphi(x); \tag{7}$$

$\varphi \in \mathfrak{T}$ vérifie $S_\varphi = 0$; les λ_K sont des nombres $\geqq 0$ décroissants; les $\Phi_K \in \mathfrak{T}$ et vérifient

$$\Phi_k \times \Phi_h = \begin{cases} 0 & \text{si } k \neq h, \\ \Phi_k & \text{si } k = h; \end{cases} \tag{8}$$

la série $\Sigma \lambda_k \Phi_k(x)$ converge uniformément.

Théorème 4. — *Toute $\Phi \in \mathfrak{T}$ vérifiant $\Phi \times \Phi = \Phi$ est presque périodique et définit, au moyen de H_φ, une représentation unitaire à un nombre fini de dimensions de* G.

Une telle Φ est donc une *unité* au sens de J. von Neumann ([2]). L'équation (7) définit le *spectre ponctuel* et le *spectre continu* d'une $f \in \mathcal{L}$. Plus généralement :

Théorème 5. — *Toute $f \in \mathcal{L}$ admet une décomposition*

$$f(x) = g(x) + h(x),$$

où $g \in$ N a un spectre ponctuel pur, et où h a un spectre purement continu. g minimise dans N la quantité $[f - \varphi, f - \varphi]$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Titrage conductimétrique simultané des deux groupes fonctionnels des acides aminés.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. La fonction aminée des acides aminés ne peut, comme on le sait, être titrée *directement* par la conductimétrie de leurs solutions aqueuses, par suite de l'hydrolyse ([1]). Il est néanmoins possible d'effectuer ce dosage à condition de procéder par une méthode *indirecte* (titrage en retour).

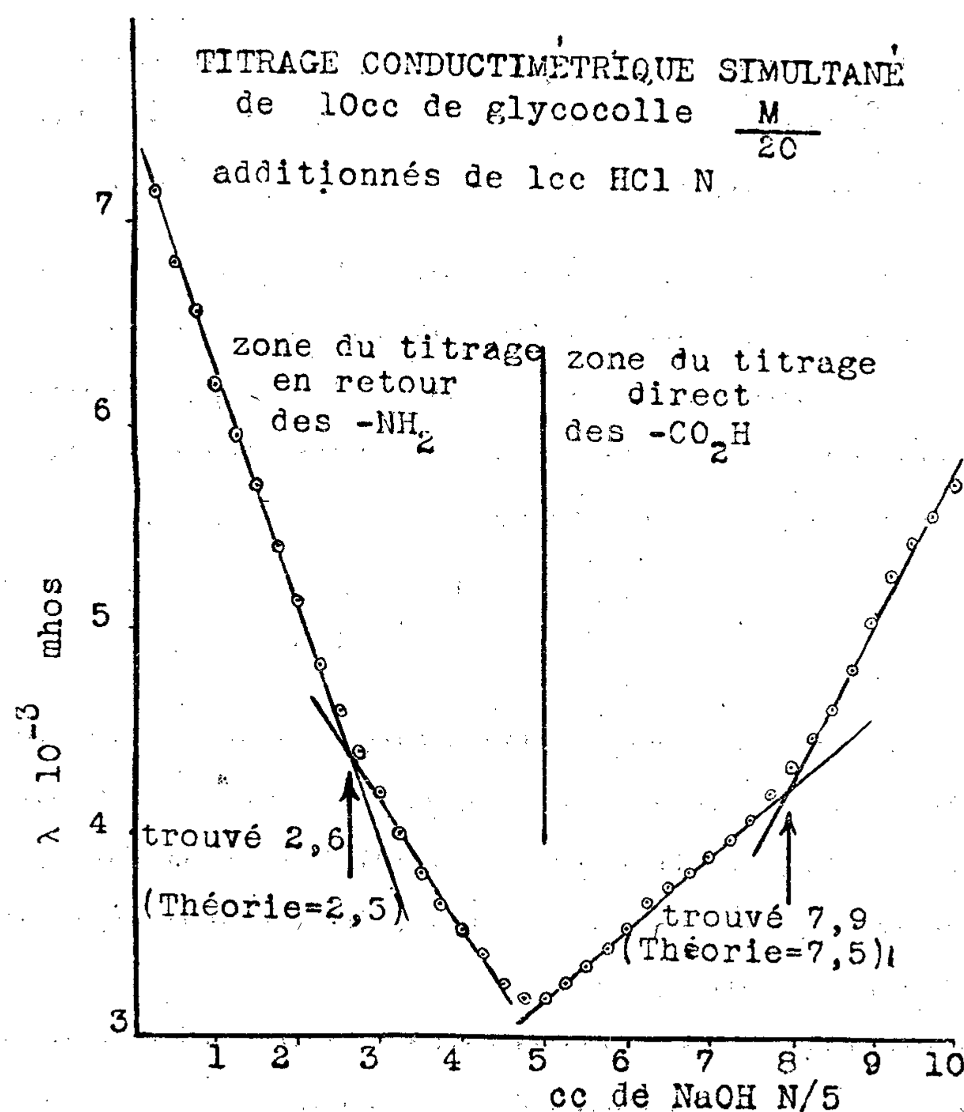
En effet, dans la méthode directe (introduction de quantités croissantes de ClH et mesure parallèle de la conductivité), le point d'équivalence n'est pas précisé par suite de l'hydrolyse des formes $R{-}NH^3OH$ et $R{-}NH^3Cl$ en équilibre à ce moment. Mais, si l'on commence au contraire par introduire un excès de ClH, une partie de l'acide sert à saturer les groupes $-NH^2$; l'excédent resté libre dans la solution peut être titré sans difficulté par NaOH. Les valeurs de la conductivité, mesurées lors de chaque addition de ce réactif, correspondent successivement d'abord aux ions H^+ encore

([1]) Ce titrage direct de la fonction aminée peut être effectué en opérant en présence d'un solvant organique, ce qui abaisse la constante diélectrique et élimine par là-même les effets de l'hydrolyse (J. Loiseleur et D. Lesage, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 969-970).

en excès, puis, après leur saturation, à la présence de la forme R—NH^3Cl, laquelle décroît constamment au bénéfice de la forme R—NH^2. Or la première partie de la courbe (celle qui correspond au C_H) présente une partie décroissante rigoureusement linéaire. Dès la neutralisation de l'excès des ions H^+, c'est-à-dire dès que le point d'équivalence est atteint, la courbe de conductivité présente un changement de pente très accusé, si bien que l'inspection de la courbe indique sans ambiguïté le point d'équivalence.

II. De plus ce procédé de dosage en retour présente l'intérêt d'aboutir également, au cours de la même opération, au dosage des groupes carboxyles —COOH. On sait en effet que, contrairement aux groupes aminés, ces groupes carboxyles peuvent être titrés directement par conductimétrie. Il suffit simplement de poursuivre l'addition de la soude : le dosage intéresse alors les groupes carboxyles, cette fois par mesure directe.

La partie de la courbe relative à ce dosage présente une allure



constamment croissante, puisque le C_{OH} augmente. Le point d'équilibre correspond à l'intersection de deux parties rectilignes de pentes différentes, dont l'une correspond à la concentration de la forme R—CO^2Na, constamment croissante aux dépens de la forme R—CO^2H, et l'autre, dès que le point d'équivalence a été atteint, à la concentration croissante des ions OH^-.

III. Pratiquement, il suffit d'opérer avec des solutions très diluées d'acides aminés (M/20 à M/40). Par exemple, dans 10^{cm^3} d'une solution M/20 de glycocolle, on introduit 1^{cm^3} de HCl N/1. On place ce mélange dans la cellule de conductivité, munie d'un agitateur mécanique et disposée dans un thermostat réglé à 25°. On procède au titrage en ajoutant 10^{cm^3} de NaOH N/5, la conductivité étant mesurée lors de chaque addition de ce réactif (de 0,5 en 0^{cm^3},5). Les résultats s'inscrivent sur une courbe dont l'allure générale est reproduite ci-dessus : d'abord une branche descendante pour le dosage en retour des $—NH^2$ (diminution du C_H), puis une branche ascendante (augmentation du C_{OH}) pour le dosage direct des $—CO^2H$ et des —SH. L'intersection des deux branches correspond à la forme neutre $H^2N—R—CO^2H$. L'exactitude est pour l'ensemble des acides aminés de 2 à 8 %.

En résumé, la méthode permet, en une seule opération, le dosage très rapide des deux fonctions des acides aminés, avec l'avantage de n'exiger qu'une faible quantité de l'acide aminé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Théorie du potentiel d'oxydoréduction des systèmes réversibles et des systèmes irréversibles.* Note de M. **Guy Emschwiller**, transmise par M. Paul Langevin.

Quand on plonge une électrode d'un métal noble dans une solution d'un système oxydoréducteur réversible, elle prend par rapport à une électrode de référence, un potentiel défini E, qui varie avec les proportions relatives des deux formes, oxydée et réduite et, dans le cas le plus simple où l'activité des ions hydrogène n'intervient pas, obéit à la loi

$$\text{(I)} \qquad E = E^0_{\text{redox}} + \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]},$$

où R, T, n et $\mathcal{F}$ représentent respectivement la constante des gaz parfaits, la température absolue, le nombre d'électrovalences d'oxydoréduction et le nombre de Faraday, [Ox] et [Red] les activités des formes oxydée et réduite; E^0_{redox}, dit *potentiel normal*, est le potentiel mesuré à la température T quand les activités des deux formes sont égales.

Quand l'oxydoréduction est irréversible, on peut encore mesurer des potentiels d'électrode assez bien définis [1], qui ne dépendent plus alors que de l'activité de la forme effectivement réagissante, les lois expérimentales étant

$$\text{(II } a\text{)} \qquad E = E^0_{\text{ox}} + \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln[\text{Ox}]$$

---

[1] Voir en particulier René Wurmser (*Oxydations et Réductions*, Paris, 1930, p. 306) pour des exemples de chimie organique, et Denise Bézier (*Annales de Chimie*, 20, 1945, p. 161), pour des exemples de chimie minérale.

ou

(II b)
$$E = E^0_{red} - \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln [Red],$$

selon que la forme réagissante est la forme oxydée ou la forme réduite. Les potentiels normaux E^0_{ox} et E^0_{red} correspondent cette fois à l'activité unité de la forme réagissante.

Pour les systèmes réversibles le potentiel peut cesser de suivre la loi de variation (I), quand la concentration de l'une des deux formes devient trop faible, pour obéir à l'une des deux lois (II a) ou (II b); Mlle Denise Bézier a publié des exemples de ce genre.

La théorie que nous présentons donne de tous ces faits une interprétation générale; elle suppose d'une part que le potentiel d'oxydoréduction est déterminé par les teneurs en des formes oxydée et réduite *actives* et d'autre part que l'activation des formes ordinaires peut être de double origine, thermique ou superficielle. Si Ox^* et Red^* désignent les formes actives, le potentiel d'oxydation suit la relation générale (²)

$$E = A + \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln \frac{[Ox^*]}{[Red^*]},$$

où A est, à la température T, une constante liée à la définition du potentiel de référence.

Les teneurs en formes actives d'origine thermique sont proportionnelles aux activités des formes ordinaires, soit, en confondant activité et concentration pour les formes actives,

$$[Ox^*] = k_1 [Ox]; \qquad [Red^*] = k_2 [Red],$$

les constantes k_1 et k_2 étant d'autant plus grandes que les énergies d'activation sont plus petites.

Les teneurs en formes actives d'origine superficielle peuvent, en première approximation, être considérées comme constantes, indépendantes des teneurs en formes ordinaires. En effet ces formes actives sont issues de formes ordinaires adsorbées et il est connu que les quantités adsorbées sont approximativement constantes dans un vaste domaine de concentration.

Soient a_1 et a_2 ces teneurs des formes oxydée et réduite actives d'origine superficielle; l'expression générale du potentiel d'oxydation devient

$$E = A + \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln \frac{a_1 + k_1 [Ox]}{a_2 + k_2 [Red]}.$$

Pratiquement il faut distinguer deux cas importants.

Potentiels de première espèce. — L'activation superficielle est négligeable pour

---

(²) Déduite de la considération de l'activité électronique.

les deux formes à côté de l'activation thermique. Comme on peut confondre les concentrations des formes réduite et oxydée ordinaires avec les concentrations globales, on retrouve le type de formule (I). Tel est le cas général pour l'oxydation réversible quand les formes ordinaires, aisément activables, sont présentes en quantités pas trop petites.

Potentiels de deuxième espèce. — L'activation superficielle est négligeable à côté de l'activation thermique pour une des formes, l'activation thermique négligeable à côté de l'activation superficielle pour l'autre. On retrouve alors les formules du type (II). Tel est le cas général pour les systèmes irréversibles, où l'un des coefficients k_1 ou k_2 doit être considéré comme nul ou très petit. Cela peut se produire aussi pour les systèmes réversibles quand une des formes est présente à une trop faible teneur.

Les relations entre les divers potentiels normaux sont

$$E^0_{ox} = E^0_{redox} + \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln \frac{k_2}{a_2}, \qquad E^0_{red} = E^0_{redox} - \frac{RT}{n\mathcal{F}} \ln \frac{k_1}{a_1}.$$

Pour les systèmes réversibles ils peuvent être tous accessibles à l'expérience, E^0_{ox} étant supérieur et E^0_{red} inférieur à E^0_{redox}. Par contre, pour les systèmes irréversibles, où seuls E^0_{ox} ou E^0_{red} sont atteints, E^0_{redox} serait supérieur à E^0_{ox} ou inférieur à E^0_{red}.

Au total la théorie permet de démontrer les deux types observés de lois de variation des potentiels d'oxydation. Basée sur des considérations d'activation, elle justifie l'action des catalyseurs, dont la présence a précisément pour effet de diminuer les énergies d'activation, donc d'augmenter les valeurs des coefficients k.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur une relation entre les répartitions des charges électroniques et le pouvoir cancérigène d'une certaine classe d'hydrocarbures.* Note (1) de Mme **Alberte Pullman.**

On a constaté (2) que le phénanthrène et le 12-benzanthracène possédaient une région particulièrement riche en électrons π. La présence d'une telle région [que nous appellerons *région méso-phénanthrénique* (m-p)] peut être considérée comme caractéristique des molécules à noyau phénanthrénique. (Précisons bien que, dans cette étude, l'expression *carbure à noyau phénanthrénique* indique un noyau phénanthrénique libre en bout de chaîne, et non accolé à un ou plusieurs noyaux benzéniques comme dans le benzopyrène par exemple).

D'autre part des recherches non encore publiées, à propos de l'influence des substituants sur la répartition des charges électroniques dans un hydrocarbure,

---

(1) Séance du 11 juin 1945.

(2) R. Daudel et A. Pullman, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 888.

nous permettent de penser qu'un CH^3 renforce en général la charge ailleurs qu'en son point d'attache. L'azote, au contraire, diminuerait la charge dans les régions voisines, mais différentes de son point d'attache.

Or il est bien connu que de nombreux carbures cancérigènes, dont le méthylcholanthrène, possèdent un ou plusieurs noyaux phénanthréniques. De nombreux corps, dont certaines hormones, que l'on a de plus en plus tendance à rapprocher des cancérigènes, présentent cette structure. L'examen de résultats biologiques acquis (3) et l'étude des charges électroniques permettent de constituer le tableau suivant :

(I) phénanthrène 1 R m-p non cancérigène.

(II) 12 benzanthracène 1 R m-p très peu cancérigène.

CH3 — (III) 5 méthyl 12 benzant. 1 R m-p cancérigène.

CH3 — (IV) 9 méthyl 12 benzant. 1 R m-p cancérigène.

CH3 — (V) 10 méthyl 12 benzant. 1 R m-p très cancérigène.

CH3 CH3 — (VI) 9-10 dim. 12 benzant. 1 R m-p très cancérigène.

CH3 CH3 CH3 — (VII) 5-9-10 trim. 12 benzant. 1 R m-p très cancérigène.

(VIII) 12-56 dibenzant. 2 R m-p très cancérigène.

(IX) 12-34 dibenzant. pas de R m-p non cancérigène.

CH3 CH3 CH3 CH3 — (X) 5-6-9-10 tétraméthyl 12 benz. peu cancérigène.

CH3 CH3 — (XI) 9-10 dim. 12-56 dibenzant. peu cancérigène.

De l'examen de ce tableau, on peut conclure que :

1° Le pouvoir cancérigène des hydrocarbures considérés paraît lié à l'existence dans la molécule d'une ou plusieurs régions m-p très chargées. La figure IX est particulièrement probante. Dans cette hypothèse, compte tenu de l'effet renforçateur du CH^3, on comprend la gradation qui existe entre les pouvoirs cancérigènes des corps III, IV, V, VI, VII.

Les corps X et XI semblent constituer une exception à la règle donnée : il est permis toutefois de supposer que le grand nombre de substituants fait ici intervenir des interactions qui rendent plus complexe leur action sur la

(3) ALEXANDER HADDOW, *Endeavour*, 2, v, janvier 1943.

région m-p; on pourrait encore appliquer ici l'hypothèse de Otto Schmidt ([4]) suivant laquelle, quand la molécule se complique, des phénomènes d'encombrement interviennent pour rendre plus difficile sa pénétration dans l'organisme.

Un autre argument en faveur de notre hypothèse est fourni par le comportement de six polyméthylbenzacridines récemment synthétisées et étudiées ([5]) dont quatre, qui sont des 78 benzacridines, sont cancérigènes, les deux autres, qui sont des 56 benzacridines, n'étant pas cancérigènes. Ces deux séries de corps, possédant un noyau phénanthrénique présentent une région m-p. Mais cette région est déchargée par la proximité de l'azote dans les 56 benzacridines, alors qu'elle l'est peu ou pas du tout, l'azote étant trop loin, dans les 78 benzacridines.

2° Pour que le pouvoir cancérigène apparaisse il semble nécessaire que la charge électronique de la région m-p dépasse une certaine valeur-seuil. En effet le phénanthrène n'est pas cancérigène, la charge sur sa région m-p étant 1,38 e. Le 12-benzanthracène l'est à peine ou pas du tout; la charge sur la région m-p est légèrement $> 1{,}38\,e$. Le calcul des charges ([1]) permet aussi de prévoir que la région m-p sera moins chargée pour le benzonaphtacène que pour le benzanthracène, moins encore pour le benzopentacène. Ces corps ne devraient donc pas être cancérigènes. C'est effectivement le cas. Il semble donc qu'une charge-seuil $> 1{,}38\,e$ doive être dépassée pour que se manifeste le pouvoir cancérigène des hydrocarbures considérés.

Tout ceci confirme donc que la condition nécessaire à l'apparition du pouvoir cancérigène dans une molécule est l'existence d'une ou plusieurs régions très chargées d'électrons. Dans les carbures à noyau phénanthrénique libre, l'étude précédente montre que cette condition est réalisée par l'existence d'une ou plusieurs régions m-p particulièrement chargées. Il est probable que cette condition se réalise autrement dans d'autres catégories de molécules.

MÉTALLURGIE. — *Sur une méthode d'homogénéisation des métaux en cours de solidification.* Note de M. **Basile Bogitch**, transmise par M. Paul Langevin.

Les métaux bruts de coulée sont généralement hétérogènes. Cela est dû en partie à la présence des inclusions de scories, d'oxydes, de gaz etc. D'autre part, le défaut d'homogénéité est inhérent au processus même de la solidification des métaux industriels, qui sont des alliages pour la plupart.

Bien des procédés ont été proposés et certains d'entre eux sont couram-

---

([4]) *Naturwiss.*, **29**, 1941, p. 146.

([5]) Buu-Hoï, Lacassagne, Lecocq et Rudali, *C. R. Soc. Biol.*, 26 mai 1945.

ment employés pour atténuer l'action néfaste de ces hétérogénéités sur la résistance des métaux. Aucun cependant n'a donné jusqu'ici des résultats vraiment satisfaisants.

S'inspirant de la réussite de la méthode de vibration dans la préparation des moules en sable et des bétons, l'auteur a essayé de l'appliquer aux métaux, au moment de leur solidification. Les premiers résultats furent négatifs, notamment à cause du tassement qui tend à rassembler les constituants les plus lourds au fond des lingotières. Pour tourner la difficulté, on a modifié la manière d'opérer, et finalement abouti à la méthode ci-après :

Soit un fort levier horizontal en acier dont une extrémité est fixe et dont l'autre mobile porte un creuset contenant un métal fondu, en cours de refroidissement. Les oscillations verticales du levier, entraîné par un moteur, permettent de communiquer au creuset des fréquences variant de 500 à 3500 périodes à la minute, avec des amplitudes moyennes de 0,5 à 4^{mm}. Il est évident qu'avec ce dispositif, les amplitudes de vibrations ne sont pas identiques en tous les points du creuset et qu'elles augmentent à mesure qu'on s'éloigne du point fixe du levier. Or, l'expérience a montré que ceci est capital en vue de la suppression du tassement.

En remplaçant le creuset par un récipient en verre et les métaux fondus par des mélanges de liquides non miscibles ou de poudres, on peut suivre le mouvement des globules de liquides ou des grains sous l'action des trépidations. En variant la grosseur des grains, leurs densités, en les humectant avec divers liquides etc., on a pu constater que le tassement (caractérisé par la résistance qu'une aiguille rencontre en traversant la poudre) est supprimé dès que les amplitudes et les fréquences atteignent certaines valeurs. A condition toutefois que les différences dans les dimensions des grains et dans leurs densités ne soient pas trop considérables. Le mouvement des grains des poudres devient alors un mouvement giratoire vertical, résultant de la décomposition des mouvements alternatifs simples en mouvements circulaires. Les grains montent du fond du récipient vers la surface à l'endroit des plus grandes amplitudes et descendent vers le fond là où les amplitudes sont les plus faibles, d'où brassage énergique de la matière.

Cette méthode de vibration appliquée aux alliages des métaux fusibles, plomb, zinc, étain, bismuth a donné les résultats suivants :

1. Effet d'homogénéisation si intense que les métaux même qui ne se mélangent pas à l'état liquide comme plomb ou zinc sont susceptibles de former des émulsions solides (Photo 1.)

2. Agitation produite par les vibrations capable de briser les cristallites et d'affiner ainsi la macrostructure des alliages, d'où amélioration probable de la résistance mécanique (Photos 2 et 3).

3. Soufflures semblent diminuer d'importance. Un effet de dégazage est à prévoir.

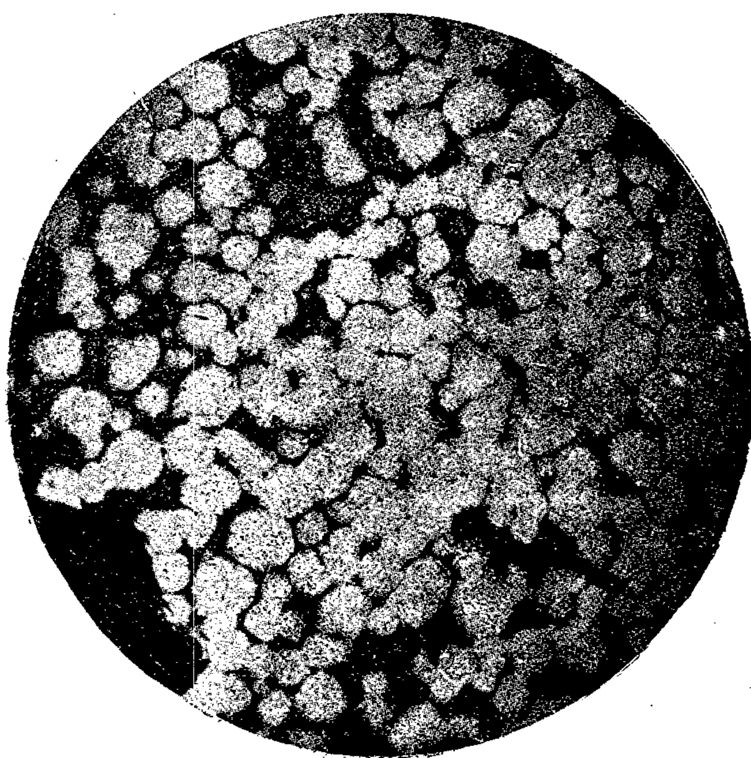


Fig. 1. — Plomb-zinc. (Gross. 5.)

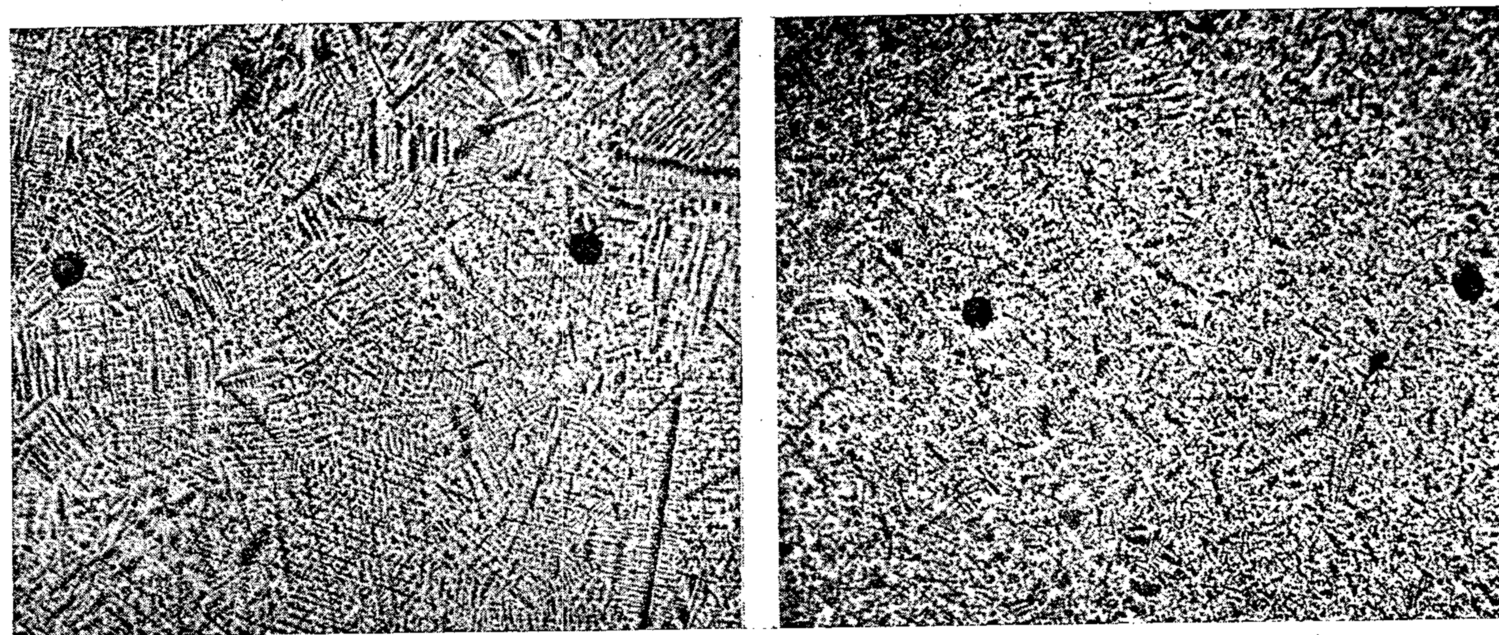


Fig. 2. — Alliage Pb-Sn, à 73 % de Pb non vibré. (Gross. 3.) Fig. 3. — Alliage Pb-Sn, à 73 % de Pb vibré. (Gross. 3.)

Il est donc possible que, dans le cas où des résultats semblables seraient observés sur des alliages moyennement fusibles, bronzes, laitons, fontes, aciers, notre méthode soit susceptible d'applications pratiques intéressantes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la fixation de l'hydrogène et du deutérium par le cérium.* Note [1] de M. **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Louis Hackspill.

Des recherches déjà anciennes ont montré que le cérium est capable de fixer l'hydrogène pour former un hydrure de cérium. Selon Muthmann, cet hydrure

(1) Séance du 26 février 1945.

serait le composé CeH^3 (2). Des travaux plus récents ont permis d'établir que la quantité d'hydrogène absorbée par le métal est toujours inférieure à celle que suppose cette formule. Pour d'autres métaux du groupe des terres rares, les hydrures correspondent à la formule MH^2 (3).

Certaines expériences, enfin, ont montré qu'il existe dans le cas du gadolinium, à côté d'un hydrure GdH^2, un hydrure Gd^2H^3. Un fait analogue a été observé pour les associations deutérium-gadolinium (4).

Les recherches exposées dans cette Note, relatives cette fois à l'association deutérium-cérium, montrent que le deutériure de cérium est beaucoup plus proche du composé CeD^2 que du composé CeD^3.

Le métal utilisé est le cérium β de Trombe et Foëx, variété allotropique à réseau dilaté, obtenu par ces auteurs, à partir du cérium γ, par une succession de cycles lents d'échauffements et de refroidissements entre 78° K. et 293° K. (5). Le deutérium, à 99 % environ, est obtenu par action du magnésium à chaud sur la vapeur d'oxyde de deutérium presque pur. Comme celle de l'hydrogène, la fixation du deutérium par le cérium β s'effectue, dès la température ordinaire, lorsque les réactifs sont maintenus au contact.

L'appareillage consiste essentiellement en un tube laboratoire renfermant le métal, relié à une capacité fermée remplie de deutérium, et en relation avec un dispositif manométrique sensible. Le volume de l'ensemble étant jaugé, l'évolution de l'absorption peut être suivie par la seule lecture des variations de pression dans l'enceinte, sous réserve des variations de température.

Voici la marche du phénomène : tout d'abord il n'y a aucun changement apparent dans l'état du système. Puis, au bout d'un laps de temps variable, la fixation du gaz commence, et la pression baisse de façon lente et irrégulière : la transformation du métal se manifeste par le noircissement et le foisonnement des aspérités. Après cette période, qui peut durer quelques heures, sans que la quantité transformée atteigne 20 %, la réaction s'accélère et la pression baisse rapidement. L'échauffement est assez sensible pour que, avec un échantillon de $0^g,1$ seulement, la paroi devienne tiède. En moins d'une heure la presque totalité du gaz restant à fixer est absorbée. Quand l'absorption est terminée, la quantité de deutérium fixée, ramenée à un atome-gramme de cérium, est voisine de 24200^{cm^3} (température et pression normales). C'est dire que le deutériure formé dans ces conditions est beaucoup plus voisin de CeD^2 que de CeD^3 (22400^{cm^3} et 33600^{cm^3} respectivement).

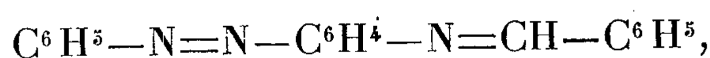
Ces observations sont à rapprocher de celles qu'ont faites Sieverts et Müller-Goldberg dans le cas de l'hydrure de cérium (6). Elles montrent que la

(2) W. Muthmann et K. Kraft, *Ann. der Chem.*, 325, 1902, p. 261.
(3) W. Muthmann et H. Beck, *Ann. der Chem.*, 331, 1904, p. 58.
(4) R. Viallard, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 417.
(5) F. Trombe et M. Foëx, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 201.
(6) *Zeits. anorg. allg. Chem.*, 131, 1923, p. 65.

fixation du deutérium par le cérium, comme celle de l'hydrogène, est dominée par un processus d'auto-accélération thermique. D'après Sieverts et Gotta, le dégagement de chaleur de la réaction, rapporté à un atome-gramme de métal, atteint 56.750 calories dans le cas de l'hydrure de cérium (7).

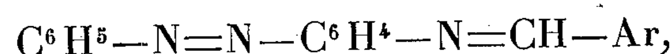
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'aminoazobenzène sur les aldéhydes et les cétones.* Note (1) de M. **Jean Guilhot.**

Berju décrivit en 1884 (2) le benzylidène-amino-azobenzène :



$$C^6H^5—N=N—C^6H^4—N=CH—C^6H^5,$$

obtenu dans l'action de l'aminoazobenzène sur le benzaldéhyde. Dans le même ordre d'idées, Ed. Motto et M. Pelletier étudièrent en 1902 (3) la condensation de l'aminoazobenzène avec les aldéhydes aromatiques. Ils décrivirent ainsi une douzaine de composés, pour lesquels ils admirent, sans analyse, la constitution des bases de Schiff :



$$C^6H^5—N=N—C^6H^4—N=CH—Ar,$$

pour un aldéhyde aromatique quelconque Ar—CHO.

Quelques essais préliminaires semblaient montrer que le réactif était sans action sur les cétones.

Les auteurs ayant interrompu leurs recherches, il m'a paru intéressant de les reprendre et, si possible, de les compléter.

J'ai tout d'abord préparé la plupart des composés antérieurement décrits (dérivés des aldéhydes benzoïque, orthochlorobenzoïque, paranitrobenzoïque, cuminique, salycilique, anisique, protocatéchique etc.). Leur analyse permet, sans ambiguïté, de conclure pour eux à la forme imine —N=CH—Ar, à l'exclusion de la forme α-amino-alcool —NH—CH(OH)—Ar.

J'ai ensuite constaté que la réaction se produisait facilement à froid. Ceci est important en raison de l'altérabilité des aldéhydes. En ajoutant l'aldéhyde aromatique étudié à une solution concentrée et froide d'aminoazobenzène dans l'alcool absolu, on obtient toujours une précipitation rapide. La réaction est quantitative. Le benzène est un excellent dissolvant de recristallisation de ces composés, qui, vu leur point de fusion très net, peuvent servir à la caractérisation des aldéhydes. J'ai préparé à froid le dérivé du métanitrobenzaldéhyde, qui n'avait pu être obtenu en 1902 : aiguilles soyeuses jaune-orangé, F 148°.

---

(7) *Zeits. anorg. allgem. Chem.*, **172**, 1928, p. 11.

(1) Séance du 2 juillet 1945.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, **17**, 1884, p. 1403.

(3) *Bull. de l'Association des Anciens Élèves de l'École de Chimie Industrielle de Lyon*, 1902, p. 68.

J'ai étudié l'action de l'aminoazobenzène sur les aldéhydes aliphatiques. De manière générale, il y a résinification. J'ai néanmoins obtenu, avec un rendement de 90 %, le dérivé de l'isobutanol, F 114°,5.

Par un chauffage de quelques minutes au bain-marie avec une solution aqueuse à 1 % d'acide sulfurique, les produits de condensation de l'amino-azobenzène avec les aldéhydes sont facilement hydrolysés; l'aldéhyde entrant dans leur composition se trouve libéré. On obtient aussi de très bons résultats par une courte ébullition avec une solution aqueuse à 5 % d'acide oxalique. Le réactif permet ainsi l'extraction et la purification des aldéhydes aromatiques.

Une étude systématique m'a montré que l'aminoazobenzène est bien sans action sur les cétones. Même après un contact de trois années les réactifs mis en jeu sont entièrement récupérables.

L'aminoazobenzène permet dès lors une séparation simple des aldéhydes aromatiques et des cétones quelconques. Le mélange est ajouté à froid à une solution alcoolique concentrée du réactif. Le dérivé aldéhydique précipite; séparé par simple filtration, il est ensuite hydrolysé. Du filtrat la cétone est extraite par les moyens habituels.

Il me reste à faire connaître les résultats obtenus relativement à l'action de l'aminoazobenzène sur les sucres, sur les corps possédant une fonction cétonique *exaltée*, et sur les composés contenant dans leur molécule plusieurs fonctions carbonylées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques complexes formés par l'anhydride antimonieux avec les acides phénols.* Note de MM. **Yves Volmar** et **Georges Gœttelmann.**

Nous avons indiqué (¹) que les orthodiphénols se comportent vis-à-vis de l'anhydride antimonieux comme les acides alcools et forment avec lui, à côté des produits insolubles déjà signalés par Causse (²), des complexes solubles analogues aux émétiques. Continuant cette étude, nous l'avons appliquée à des composés renfermant à côté de la fonction phénol, des groupements acides carboxylés ou sulfonés qui en augmentent la solubilité.

Nous avons utilisé la même technique que dans le cas des phénols et nous avons obtenu, en portant en abcisses l'alcalinité et en ordonnées les quantités de Sb^2O^3 fixées, des courbes analogues, ne présentant pas de maxima, s'élevant rapidement en partant de la neutralité jusqu'à un palier et dépourvues de branche descendante. Le changement de direction correspond à la fixation par une molécule d'acide phénol de 1/2 molécule de Sb^2O^3 en présence d'une

---

(¹) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 282.
(²) *Ann. Chim. et Phys.*, 1re série, **14**, 1898, p. 524.

quantité d'alcali nécessaire pour saturer la fonction acide et 1/4 de la fonction phénol.

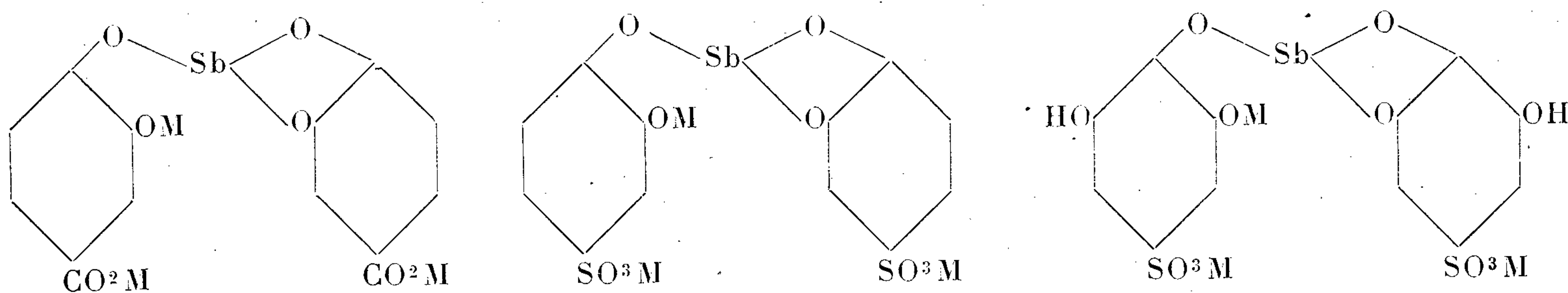
Nous sommes ainsi arrivés aux résultats suivants :

1° les acides monophénols ne se continuent pas avec Sb^2O^3 ;

2° les diphénols acides ou sulfonés ne fixent Sb^2O^3 que si les deux fonctions phénols sont en *ortho* ;

3° la fonction acide ou sulfonée, entièrement neutralisée, n'entre pas en réaction et contribue seulement à augmenter la solubilité du complexe formé.

Pour isoler ces complexes nous nous sommes placés dans les conditions optima indiquées par les courbes : nous avons fait réagir à l'ébullition pendant une demi-heure dans une atmosphère de gaz inerte et en agitant constamment 1/20 de molécule d'acide phénol sur 10^{g} d'anhydride antimonieux en présence de 50 à 60$^{cm^3}$ de soude normale; après filtration à l'abri de l'air, évaporation rapide et addition d'alcool, nous avons obtenu une série de composés, en belles aiguilles peu colorées : l'antimoniogallate de potassium, l'antimoniogallate de sodium, l'antimoniogallate d'ammonium $[C^6H^3O^2(CO^2M)]^2SbM$, l'antimoniopyrocatéchine monosulfonate de potassium, l'antimoniopyrocatéchine monosulfonate de sodium, l'antimoniopyrogallol monosulfonate de potassium $[C^6H^3O^2(SO^3M)]^2SbM$; leur formule développée peut être représentée par les schémas :



ces complexes très solubles dans l'eau et par suite difficiles à purifier se colorent rapidement au contact de l'air en s'oxydant, surtout en milieu alcalin; ils sont décomposés par les acides, et l'hydrogène sulfuré ne les précipite qu'après addition d'acide.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Existence de spectres* interdits *sur les diagrammes de rayons* X *du diaspore*. Note de M. J. **Garrido**, présentée par M. Charles Mauguin.

En étudiant des cristaux de diaspore (AlOOH) au moyen de la méthode de Weissenberg, j'ai pu observer, sur les diagrammes, l'existence du spectre (100) *interdit* d'après les règles d'extinction du groupe de symétrie $Pbnm$ auquel appartiennent ces cristaux.

L'explication de ces spectres peut être cherchée dans un léger déplacement des atomes, mais un tel déplacement ferait disparaître le plan de symétrie 010

et la présence d'un seul spectre ne paraît pas une raison suffisante pour considérer le diaspore comme appartenant à une classe cristalline différente de 2/m 2/m 2/m. Il faudrait donc imaginer une nouvelle structure qui, tout en expliquant l'existence du spectre (100), serait compatible avec la symétrie 2/m 2/m 2/m. Cette dernière solution est infiniment peu probable, car les trois déterminations indépendantes qui ont été faites [1] sont parfaitement d'accord sur la structure basée sur le groupe P *bnm*.

J'ai cherché l'interprétation de cette anomalie dans un phénomène de *double réflexion interne des rayons X* du même genre que celui qui produit le spectre (222) du diamant [2].

L'existence des doubles réflexions des rayons X à l'intérieur des cristaux prend lieu quand un rayon réfléchi sur un plan $h_1 k_1 l_1$ rencontre sous l'angle de Bragg un autre plan $h_2 k_2 l_2$ à grand pouvoir réflecteur.

Soient dans l'espace réciproque trois vecteurs $\vec{I}$, $\vec{R}_1$, $\vec{R}_{12}$ de longueur $1/\lambda$ dirigés suivant le rayon incident, le rayon après une première réflexion sur les plans $h_1 k_1 l_1$, et après une seconde réflexion sur les plans $h_2 k_2 l_2$. Les vecteurs de diffusion [3] $\vec{D}_{h_1 k_1 l_1}$ et $\vec{D}_{h_2 k_2 l_2}$ correspondant aux deux réflexions seront

$$\vec{D}_{h_1 k_1 l_1} = \vec{R}_1 - \vec{I} = h_1 \vec{A} + k_1 \vec{B} + l_1 \vec{C}$$
$$\vec{D}_{h_2 k_2 l_2} = \vec{R}_{12} - \vec{R}_1 = h_2 \vec{A} + k_2 \vec{B} + l_2 \vec{C}$$

$\left(\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}\right.$ sont les vecteurs fondamentaux du réseau polaire$\left.\right)$; par conséquent

$$\vec{D}_{h_1 k_1 l_1} + \vec{D}_{h_2 k_2 l_2} = \vec{R}_{12} - \vec{I} = (h_1 + h_2)\vec{A} + (k_1 + k_2)\vec{B} + (l_1 + l_2)\vec{C} = \vec{D}_{h_1+h_2,\ k_1+k_2,\ l_1+l_2}.$$

C'est-à-dire que le rayon issu des deux réflexions coïncide avec un rayon qui serait réfléchi sur un plan d'indices

$$h_1 + h_2, \quad k_1 + k_2, \quad l_1 + l_2.$$

Il résulte de là qu'un spectre $h_1 + h_2$, $k_1 + k_2$, $l_1 + l_2$ interdit par le groupe de symétrie peut très bien apparaître comme résultat de deux réflexions permises, $h_1 k_1 l_1$, $h_2 k_2 l_2$.

Le spectre (100) du diaspore a été observé sur des diagrammes de Weissenberg (rayonnement K_αCu), en tournant autour de l'axe *c* [4]. Le

---

[1] Deflandre, *Bull. Soc. franç. Minéral.*, 55, 1932, pp. 140-165; R. Takane, *Proc. Imp. Acad. Japan*, 9, 1933, pp. 113-116; F. J. Ewing, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 203.

[2] Renninger, *Zeits. Physik*, 106, 1937, pp. 141-176; J. Weigle et Mühsan, *Helv. Phys. Acta*, 10, 1937, pp. 139-156; Y. Cauchois, H. Hulubei et J. Weigle, *ibid.*, 10, 1937, pp. 218-224; E. Brandenberger, *Zeits. f. Krist.* 97, 1937, p. 476.

[3] Laval, *Bull. Soc. franç. Minéral.*, 62, 1939, p. 163.

[4] Nous avons employé des cristaux de diaspore de Chester (Mass.) et de Lalin (Pontevedra). Les intensités des spectres mesurés sur un grand nombre de diagrammes différents sont parfaitement d'accord avec la structure déterminée par Deflandre. La seule anomalie est la présence du spectre (100), très faible.

vecteur $\vec{I}$, quand le plan 100 était en état de réfléchir, avait pour expression

$$\vec{I} = 0,5\,\vec{A} + 5,95\,\vec{B}.$$

Dans cette position du rayon incident, la sphère de réflexion qui passe par 100, passe aussi presque exactement par le point central des domaines de diffusion forte $\bar{1}21$, $\bar{1}2\bar{1}$, 221 et $22\bar{1}$. De sorte que le vecteur de diffusion $\vec{D}_{100}$ peut s'obtenir par les combinaisons suivantes :

$$\vec{D}_{100} = \vec{D}_{\bar{1}21} + \vec{D}_{2\bar{2}\bar{1}} = \vec{D}_{\bar{1}2\bar{1}} + \vec{D}_{2\bar{2}1} = \vec{D}_{221} + \vec{D}_{\bar{1}\bar{2}\bar{1}} = \vec{D}_{22\bar{1}} + \vec{D}_{\bar{1}\bar{2}1}.$$

Donc, pour la position $\vec{I}$ du rayon incident, nous aurons, simulant la réflexion 100, les doubles réflexions suivantes :

$$(\bar{1}21, 2\bar{2}\bar{1}),\quad (\bar{1}2\bar{1}, 2\bar{2}1),\quad (221, \bar{1}\bar{2}\bar{1}),\quad (221, \bar{1}\bar{2}1).$$

Les plans $\bar{1}21$ et 221 sont tous deux des plans à très grand pouvoir réflecteur ($\rho_{\bar{1}21} \simeq 900$, et $\rho_{221} \simeq 1100$, calculés pour un petit cristal non absorbant). L'intensité observée pour le spectre (100), varie considérablement avec la forme et la qualité du cristal employé et avec l'exactitude du centrage, mais elle peut atteindre une valeur voisine de celle du spectre (080) ($\rho_{080} \simeq 4$).

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la détermination du terme du jour lunaire dans l'attraction luni-solaire.* Note (1) de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Après avoir déterminé (2) l'influence des termes du jour sidéral sur la correction de pendule, nous avons pu, en plus, déterminer pour la première fois, en utilisant les résultats de comparaison des pendules à l'Observatoire de Paris pendant la période 1940-1944, l'influence du terme du jour lunaire.

L'influence de ce terme sur les pendules est égale à

$$\begin{aligned}\Delta t &= \frac{3}{4}\frac{m}{a^3}\sin 2\varphi(1 + n_1 - 2n)^{-1}\left(1 - \frac{5}{2}e^2\right)\sin I\cos^2\frac{I}{2}\cos[O_1^0 + (1 + n_1 - 2n)t] \\ &= O_1\cos[O_1^0 + (1 + n_1 - 2n)t],\end{aligned}$$

où m, a, n, e et I sont la masse de la lune, le demi-grand axe, le moyen mouvement, l'excentricité et l'inclinaison de l'orbite lunaire, n le moyen mouvement du soleil, φ la latitude du lieu d'observation et O la phase initiale pour $t = 0$. Pour tenir compte de l'élasticité de la Terre, il faut multiplier la partie droite de la formule précédente par $1 + h - (3/2)k$, ou h et k sont des constantes liées à la rigidité de la terre.

---

(1) Séance du 9 juillet 1945.

(2) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 668.

La comparaison bi-journalière des pendules à l'Observatoire de Paris nous a permis de former les équations du type

$$\Delta t_4 = 4.O_1\left(1+h-\frac{3}{2}k\right)\cos[O_1^0+(1+n_1-2n)t].$$

La valeur numérique du coefficient $4O_1$ est de l'ordre de $0^s,000.8$. La résolution des équations précédentes nous a donné les valeurs suivantes pour $1+h-(3/2)k$.

Pendule.	1940.	1941.	1942.	1943.	Moy.
44 Sh	0,95	1,09	1,05	1,12	1,00
1185 L..........	1,09	1,12	0,88	1,17	0,97
1228 L..........	1,75	1,06	1,22	1,36	1,34
1229 L..........	0,95	1,37	1,16	1,67	1,19
1372 L..........	1,73	1,31	1,54	1,44	1,40
Moy............	1,24	1,18	1,13	1,26	1,18

La moyenne des valeurs individuelles de $1+h-(3/2)k$ pour chaque pendule et pour chaque année, est égale à 1,25, la moyenne des valeurs annuelles pour la pendule moyenne est égale à 1,20. La valeur correspondante pour la pendule moyenne et pour la période de quatre années est 1,18. La moyenne de ces trois valeurs, égale à 1,21, est en accord avec la valeur trouvée d'après l'étude du terme du jour sidéral.

L'écart moyen d'une détermination de $1+h-(3/2)k$ d'après le terme du jour sidéral est égal à 0,14 et, d'après le terme du jour lunaire, à 0,22. Le rapport de ces écarts est égal à 0,64. Le rapport de l'inverse de l'amplitude de ces termes est égal à $0^s,000.8 : 0^s,0013 = 0,62$. Ainsi la précision de la détermination de $1+h-(3/2)k$ dépend de l'amplitude du terme correspondant.

La valeur théorique de la phase O_1^0 pour 1940 janvier O à $20^h 10^m 30^s$, est égale à $4^h,0$. Les valeurs de cette phase calculées pour chaque année sont : $1^h,5$ (1940), $2^h,4$ (1941), $3^h,3$ (1942) et $1^h,4$ (1943).

On remarque que le calcul de l'influence de l'attraction luni-solaire sur les pendules est, dans le cas de leur enregistrement chronographique à l'Observatoire de Paris, presque à la limite de précision actuelle. Pour en tirer une conclusion, il faut étudier de nombreuses pendules pendant une période assez longue.

Nous avons conçu et essayé un projet d'amplification des variations de marche de pendule en utilisant la méthode de transformation des battements de pendule en fréquence 1000. La multiplication de cette fréquence et sa comparaison avec la fréquence standard permettra d'étudier avec une grande précision l'influence des différents termes de l'attraction luni-solaire.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la ségrégation géographique des gènes de l'*Oryza glaberrima *Steudel dans l'Ouest africain et sur les centres de culture de cette espèce.* Note de M. **Roland Portères**, présentée par M. Auguste Chevalier.

En Afrique occidentale on cultive diverses variétés de l'espèce polyphylétique *Oryza sativa* L. introduit d'Asie à partir du xve siècle et c'est surtout sur elles que se portent les grandes cultures. Cette grande espèce est caractérisée par des ligules foliaires longues et aiguës et une panicule généralement penchée toujours souple et dont les grappes élémentaires ont une densité Svaloff d'épillets supérieure à 15.

Sur des échantillons collectés en Guinée Portugaise (1845-1848) par E. Jardin, Steudel en 1855 décrivit une autre espèce *O. glaberrima* Steudel caractérisée par des ligules courtes et tronquées, une panicule dressée, raide, et des grappes élémentaires à compacité Svaloff inférieure à 15 (10 à 15).

O. sativa L. est connu surtout par ses épillets hispides ou tubercules, mais nous avons rencontré des variétés à glumelles absolument glabres. Chez *O. Glaberrima* Steud., typiquement à épillets glabres, il est connu une série de variétés à glumelles poilues et Aug. Chevalier l'a subdivisé en deux sous-espèces *O. glaberrima Vera* et *O. glaberrima Stapfii.*

Cette espèce africaine n'est connue qu'à l'état cultivé et dans l'Ouest africain seulement, du Tchad au Sénégal, du Soudan à la côte de Guinée. Il a fallu attendre 1899 et les années suivantes (diverses missions de Aug. Chevalier) pour se rendre compte qu'elle était très largement cultivée dans l'aire ainsi délimitée.

D'un inventaire général en cours d'étude, nous trouvons dans l'Ouest africain plus de 300 variétés cultivées de cette espèce. Tous les caractères variétaux connus chez *O. sativa* L. ont aussi leurs homologues chez *O. glaberrima* y compris les formes à péricarpe blanc jusqu'ici non signalées. La loi des variations homologues de N. Vavilov reçoit ici encore pleine confirmation.

Dans l'aire de culture actuelle de *O. glaberrima* se distinguent nettement : un centre primaire d'origine, un centre secondaire ancien de diversité, un centre secondaire en voie d'émancipation.

Centre primaire d'origine. — Il est localisé géographiquement au Delta Central Nigérien avec ses lacs, ses mares, ses bras défluents. On y trouve là une gamme extrêmement riche de variation avec concentration des caractères dominants dont surtout : aristation, caryopse brun rouge, pigmentation anthocyanique, certains gènes dominants comme ceux qui conditionnent l'état amylacé de l'endosperme y voisinent avec les gènes recessifs de l'état glutineux et l'on trouve aussi concentration du caractère caducite de l'épillet (récessif ou dominant, suivant le cas).

On trouve donc, dans ce centre un mélange de recessifs et de dominants avec concentration des derniers très abondants.

Centre secondaire de diversité. — Au Nord de la rivière de Gambie entre la Côte et la région de Tambacounda, se centrant sur celle de Nioro-du-Rip, à plus de 1000^{km} du Delta Central Nigérien, avec un climat plus humide, existe un autre groupe de variétés à caractères uniquement localisés en cette zone. Les variétés de riz (*O. glaberrima*) montrent une gamme de variation presque aussi riche que celle du Delta Central Nigérien, mais moins complète avec des acquisitions nouvelles de formes récessives. Apparaissent surtout les caryopses blancs et la non-pigmentation anthocyanique, caractères inconnus dans le Delta Central Nigérien et d'ordre récessif.

Les variétés à caryopse hyaloïde (glutineux) ont disparu et ce centre n'est caractérisé que par des formes à caryopse vitreux, translucide plus ou moins farineux.

Le caractère *fluitans* si commun dans le centre d'origine (accomodat ? préadaptation ? genotypie ?) ne s'y rencontre pas.

Dans ce centre secondaire 40 % des variétés sont à péricarpe blanc alors qu'il n'en est connu aucune du Delta Central Nigérien; 97 % sont à épillets fortement adhérents au rachis (5 % seulement dans le centre primaire). Toutes les variétés à caryopses blancs sont à épillets adhérents.

Centre secondaire en cours d'émancipation. — Il couvre toute la région montagneuse de la Guinée Française, entre 400 et 1000^{m} d'altitude. Il est moins riche que les deux premiers en formes et variétés, lesquelles sont d'ailleurs toutes différentes de celles des centres précédents.

Il y a là apparition de types à panicule étalée, à densité Svaloff extrêmement faible (9-10 au lieu de 12-15). Le caractère de non-caducité de l'épillet apparaît aussi, cependant que diminue l'intensité de pigmentation du caryopse. Le pigment anthocyanique subsiste encore partout.

10 à 20 % des variétés, suivant les régions sont à épillets adhérents au rachis. La dépigmentation des caryopses touche quelques variétés mais n'est pas totale, le péricarpe reste rosé (se rencontre aussi chez *O. sativa* L.).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude de la mélanocinèse chez la Grenouille à l'aide d'une cellule photoélectrique. Action de l'intermédine chez la Grenouille normale.* Note de M. **Fred Stutinsky**, présentée par M. Robert Courrier.

La propriété que possède une hormone hypophysaire, l'intermédine, de provoquer l'expansion des mélanocytes d'une Grenouille maintenue sur fond blanc, est utilisée, depuis longtemps déjà, pour la détection et le dosage de cette hormone. Ce test, si simple en apparence, n'a cependant

donné jusqu'ici que des résultats assez décevants. C'est que l'appréciation du noircissement des animaux injectés, par rapport aux témoins, n'est pas toujours facile et l'estimation du début, de la fin et de l'intensité de la réaction est purement subjective. Les moyens imaginés pour pallier cette carence de la méthode, index colorimétrique de Hogben et Slome utilisé par de nombreux auteurs ([1]), analyse planimétrique de la surface des mélanocytes d'après des photographies en série ([2]), sont incommodes et n'apportent qu'une approximation insuffisante.

Nous avons pensé que l'étude de la mélanocinèse à l'aide d'une cellule photoélectrique donnerait aux résultats la rigueur et l'objectivité indispensables. La mesure des variations de la transparence de la peau étant impraticable sur l'animal vivant, nous avons examiné les modifications du pouvoir réflecteur du tégument. Une cellule photoélectrique au sélénium, reliée directement à un microampèremètre, nous a permis de suivre, au cours de la réaction, les variations des quantités de lumière réfléchie par une même surface de peau, exposée à un éclairement bien déterminé : chaque variation de la lumière réfléchie entraîne une modification de l'intensité du courant enregistré par le microampèremètre, la déviation de l'aiguille de celui-ci étant d'autant plus forte que la peau de l'animal est plus claire.

Si l'on porte en ordonnées les déviations successives de l'aiguille du microampèremètre et en abscisses le temps, la mélanocinèse provoquée par l'injection d'une faible quantité d'extrait hypophysaire chez une Grenouille vivant sur fond blanc, exposée à une lumière continue, maintenue à une température constante, se traduit par une courbe telle que la courbe I du graphique.

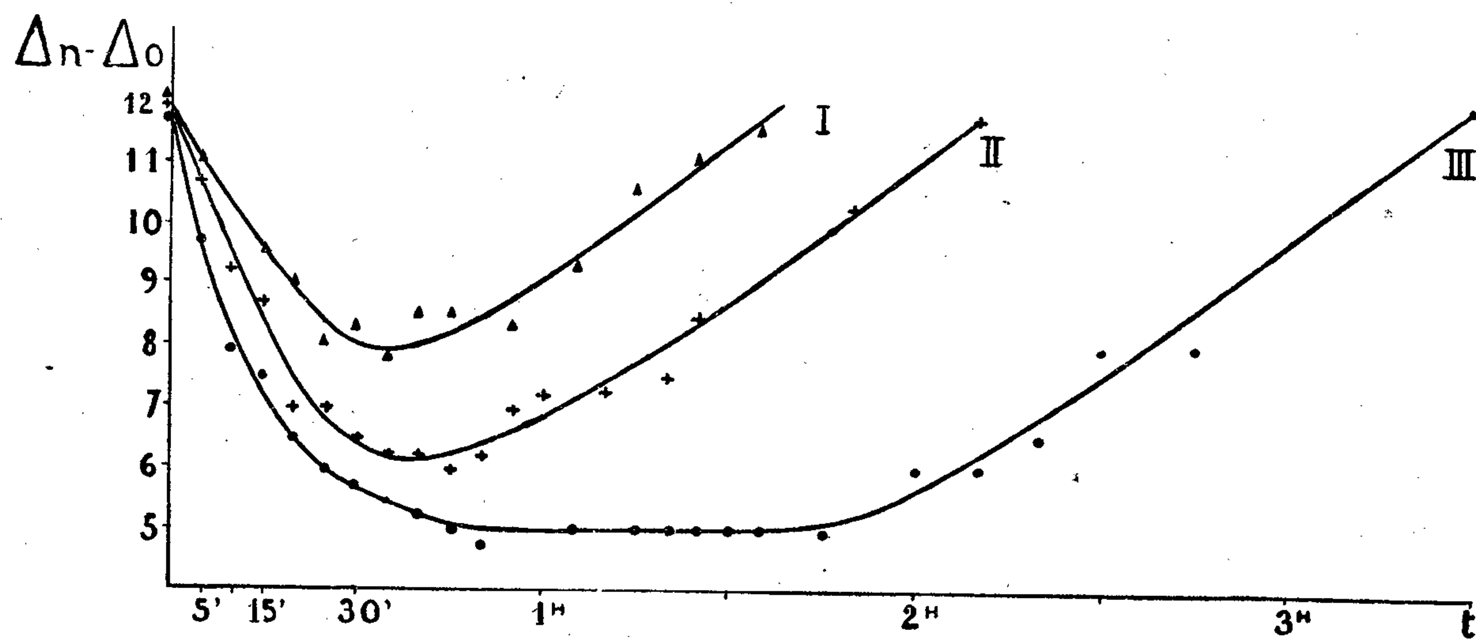
Cette courbe comprend une portion descendante, rapide et courte, atteint un minimum, puis remonte lentement pour rejoindre sa valeur de départ. La première partie de la courbe correspond au noircissement, la seconde au pâlissement consécutif. La réaction des mélanocytes commence presque immédiatement après l'injection, : après moins de 3 minutes, elle est déjà sensible. Lorsqu'on injecte, à 24 heures d'intervalle, des doses de plus en plus élevées d'hormone à un même animal, maintenu dans des conditions expérimentales parfaitement comparables, on constate que la valeur absolue du minimum des courbes successives diminue; la courbe descend d'autant plus bas que la concentration de la solution est plus forte. En même temps la pente de la portion descendante augmente,

---

([1]) L. T. Hogben et D. Slome, *Proc. Roy. Soc. London*, **108**, 1931, pp. 10-53; G. Böttger, *Zeits. Exp. Med.*, **101**, 1937, pp. 55-61; J. Bentejac, *Thèse médecine Bordeaux*, 1938; L. H. Kleinholz et H. Rahn, *Anat. Rec.*, **76**, 1940, pp. 157-172.

([2]) S. W. Gray et Ford, *Endocrinology*, **26**, 1940, pp. 160-162.

surtout au début de la réaction; l'animal noircit un peu plus vite, mais le maximum du noircissement, c'est-à-dire le minimum de la courbe, n'est, en général, atteint qu'un peu plus tard. Quand on injecte de fortes doses



Rana temporaria ♂ 36g.

$\Delta_n - \Delta_0$: déviations du microampèremètre; *t* : temps en minutes.

Courbe I. — Exp. n° 32; 23-3-45; injection de 1cm³ d'une solution au 1/10000 d'un extrait post-hypophysaire Choay titrant 5 U. I. au cm³.

Courbe II. — Exp. n° 31; 21-3-45; injection de 1cm³ d'une solution au 1/1000.

Courbe III. — Exp. n° 30; 20-3-45; injection de 1cm³ d'une solution au 1/100.

d'hormone, le minimum disparaît et il est remplacé par une portion de droite, horizontale, parallèle à l'axe des temps, plus ou moins longue, suivant la teneur en hormone de la solution injectée (courbe III).

L'étude d'un grand nombre de courbes fait ressortir diverses relations quantitatives, d'une part entre la concentration de la solution injectée, la vitesse du noircissement, son intensité, la durée totale de la réaction; d'autre part entre les durées respectives de l'expansion et de la contraction des mélanocytes; cette dernière toujours au moins deux fois plus lente.

Certaines modalités insoupçonnées de la réaction des mélanocytes ont pu être constatées; dans les dix premières minutes après l'injection d'intermédine, on enregistre souvent un rapide crochet de la courbe, traduisant un bref pâlissement de l'animal; à la fin de la réaction, la courbe, après avoir atteint son ordonnée initiale, la dépasse parfois : la Grenouille devient passagèrement plus pâle qu'avant l'expérience.

L'utilisation de la cellule photoélectrique nous apparaît ainsi comme un moyen objectif et commode pour suivre l'action de l'intermédine ou tout autre effet physiologique et pharmacologique sur les mélanocytes.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1945.

Précis de virologie médicale, par Constantin Levaditi. Paris, Masson et Cie, 1945; 1 vol. 25^cm^ (présenté par M. G. Ramon).

Conférence internationale des africanistes de l'Ouest. *Comptes rendus de la 1re réunion.* Dakar, Ifan, 1945; 1 fasc. 24^cm^.

Le caoutchouc d'Hévéa. Initiation aux méthodes d'exploitation en Indochine. Paris, Institut français du caoutchouc, 1945; 1 vol. 28^cm^ (présenté par M. A. Chevalier).

Mécanique des milieux continus déformables. Théorie de l'élasticité isothermique, par Charles Platrier. 1 vol. polycopié 31^cm^.

Une croisade médicale contre l'alcoolisme. Compte rendu d'une enquête parmi les médecins français, suivi d'un *Petit précis de l'alcoolisme à l'usage des éducateurs et des dirigeants*, par Paul Perrin. Paris, Louis Arnette, 1945; 1 vol. 23^cm^,5.

Xénie et facies florales du Tournesol (Helianthus annuus *L.*), par Louis Blaringhem, in *Annales des Sciences naturelles. Séries botanique et zoologie.* Paris, Masson et Cie, 1943; 1 fasc. 25^cm^.

Joseph Bethenod. Sa vie, son œuvre, par Georges Darrieus. Extrait du *Bulletin de la Société française des Électriciens.* 6e Série, tome V. Paris, Gauthier-Villars, 1945; 1 fasc. 27^cm^.

Pierre Allorge (1891-1944) *et la géographie botanique raisonnée*, par Louis Blaringhem, Extrait des *Annales des Sciences naturelles de botanique.* 11e Série, 1944; 1 fasc. 25^cm^.

Les fumerolles de la Montagne Pelée, par S. Frolow. Extrait de la Revue *Martinique.* 1944, n° 1. Fort de France, Imprimerie officielle, 1944; 1 fasc. 26^cm^,5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AOUT 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie la *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs pour l'an* 1945, publiée par le Bureau des Longitudes.

Notice nécrologique sur Wladimir Vernadsky, par M. **Charles Mauguin**.

Wladimir Ivanovitch Vernadsky est né à Saint-Pétersbourg le 12 mars 1863 (28 février ancien style) dans une famille universitaire (son père était professeur d'Économie politique et de Statistique à l'Institut de Technologie).

Après des études classiques au lycée (Karkhow, Saint-Pétersbourg) il entre en 1881 à l'Université de Saint-Pétersbourg (Faculté des Sciences), où professaient les grands chimistes Mendeleeff, Menchoutkin, et le célèbre minéralogiste Dokoutchaiew, créateur de la Pédologie russe, dont il devenait l'assistant en 1884 et sous la direction duquel il publia son premier travail (*Description géologique et pédologique d'un district du Gouvernement de Poltava*).

Envoyé à l'étranger pour deux années (1889-1890) afin de se préparer à la carrière de professeur d'Université, il fréquenta les laboratoires de Sohncke et Groth à Munich, de Fouqué et Le Chatelier à Paris.

Il se plaisait à rappeler que Le Chatelier, dans le laboratoire duquel il avait commencé l'étude des silicates, avait exercé sur lui une très grande influence. C'est certainement des méditations qui suivirent ses conversations avec le grand savant français qu'est sorti le travail remarquable *De la sillimanite et du rôle de l'aluminium dans les silicates*, qu'il présenta en 1890 comme thèse magistrale à Moscou, où il fut nommé Professeur de Cristallographie et de Minéralogie. Il y montre pour la première fois que les atomes d'aluminium et les atomes de silicium jouent des rôles tout à fait analogues dans les silicates, idée sur laquelle il reviendra à

plusieurs reprises dans ses Mémoires sur les *alumo-silicates* et qui a été confirmée par l'étude des structures au moyen des rayons X faites par l'École de Bragg.

En 1896 il soutient à Saint-Pétersbourg une thèse de Doctorat sur un sujet de cristallographie, *Phénomènes de glissement dans les substances cristallines.*

Les 20 années (1890-1911) pendant lesquelles il enseigna à Moscou furent pleines d'une activité féconde. Il sut faire de son laboratoire un des plus beaux du monde. Les nombreux élèves qu'il y forma occupent actuellement la plupart des chaires de Minéralogie et de Cristallographie de l'Union soviétique.

Il renouvela complètement l'esprit de l'enseignement de la Minéralogie, présentée comme l'étude des phénomènes chimiques dont l'écorce terrestre est le siège, cherchant à suivre chaque élément (manganèse, brome, carbone etc.) dans les cycles de réactions chimiques où il est engagé dans l'écorce terrestre; ses migrations, les phénomènes qui le concentrent ou ceux qui au contraire le dispersent, signalant l'importance considérable que peuvent présenter certains éléments localement rares, mais dispersés dans des espaces considérables. Il reconnaît que les phénomènes d'isomorphisme interviennent de façon essentielle dans la répartition des éléments et montre comment leur connaissance peut faciliter la prospection des éléments utiles. Il a consacré de nombreux efforts à cette doctrine scientifique nouvelle, la *Géochimie*, dont il fut un des pionniers les plus ardents.

Pour compléter la formation de ses étudiants il organise de nombreuses excursions en Russie (Oural, Crimée, Caucase, Ferghama) ou à l'étranger. Tous ces travaux lui valurent une renommée considérable. Il fut élu membre extraordinaire de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg en 1906. Il commença en 1908 la publication d'un grand Ouvrage, *Essai de minéralogie descriptive*, pour la préparation duquel il visita toutes les grandes collections d'Europe et des États-Unis d'Amérique et consulta les grandes bibliothèques. Il travailla 14 ans à cet Ouvrage (1908-1922), qui resta pourtant inachevé.

D'esprit très indépendant, il quitta Moscou en 1911 avec un groupe de professeurs pour protester contre les mesures brutales prises à l'égard des étudiants par le Ministre de l'Instruction publique Casso.

Il fut accueilli par l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, qui était une des rares institutions capable de résister aux exigences tsaristes et renonça dès lors à toute activité pédagogique pour se consacrer tout entier à la Recherche scientifique. L'Académie des Sciences, où il fut élu membre ordinaire en 1912, devint sa seconde Maison. Il lui consacra toute son activité, réorganisant complètement la collection de Minéralogie annexée à ce grand établissement, qu'il enrichit par ses apports personnels.

Lorsque éclata la première guerre mondiale en 1914, il reconnut très vite que les Russes n'avaient qu'une connaissance très insuffisante de leurs ressources minéralogiques, en particulier des minerais stratégiques. Sur son initiative l'Académie des Sciences créa une Commission pour l'étude systématique des forces naturelles et des minéraux utiles de la Russie (K. E. P. S. en russe) (1).

En 1917, après la révolution, Vernadsky, atteint de tuberculose, dut quitter Saint-Pétersbourg pour se rendre à Poltava (Ukraine), puis à Ialta (Crimée). Nous le voyons successivement premier Président de l'Académie des Sciences de l'Ukraine (1918), à l'organisation de laquelle il prit une part prépondérante, puis Recteur de l'Université de Tauride (1920). Il quitte complètement la Russie et vient s'installer en France, où il séjourne de juillet 1922 à décembre 1925, l'hiver à Paris, l'été à Bourg-la-Reine.

C'est au cours de ce séjour qu'il donna à la Sorbonne la belle série de Conférences sur la *Géochimie*, réunies en un volume publié par la Librairie Alcan.

Il rentra dans l'Union soviétique en 1926 et s'installa à nouveau près de sa chère Académie des Sciences (à Leningrad d'abord, puis à Moscou, où l'Académie fut transférée en 1935).

Bien que maintenant sexagénaire il se remet au travail avec une ardeur toute juvénile. Ses conceptions minéralogiques se sont considérablement élargies par des réflexions mûries au cours des années.

Il se passionne pour la *Biogéochimie*, étude des êtres vivants, végétaux et animaux, envisagés comme agents minéralogiques, jouant un rôle essentiel dans le cycle des transformations chimiques de certains éléments de la *Biosphère*, concentrant les uns, dispersant les autres, donnant lieu à des équilibres intéressants à étudier aussi bien dans le présent que dans le passé. Il fonde un laboratoire pour cette étude, dont il gardera la direction jusqu'à sa mort. Ce laboratoire fonctionne encore maintenant sous le nom de *Laboratoire Vernadsky*.

Son dernier travail sur la noosphère est consacré à l'étude de l'importance géologique de l'homme, dont l'activité agricole, industrielle, scientifique modifie profondément l'aspect de la surface de la Terre.

---

(1) Cette Commission se mit immédiatement à l'œuvre, fit preuve d'une activité considérable, publiant des monographies ou des traités sur les gisements de minéraux utiles, équipant des expéditions, créant de nouveaux centres scientifiques tels que l'Institut de Céramique, Institut du Radium, Institut d'Optique, Institut du Platine, Institut d'Analyse physicochimique etc. Elle s'est développée bien au delà de la première guerre mondiale, se transformant peu à peu en un organisme colossal, presque miraculeux, qui est certainement un des éléments de la victoire russe et de la défaite de l'Allemagne dans la dernière guerre mondiale (1941-1945).

Sa passion n'est pas moindre pour la *Radiogéologie*, étude du rôle des éléments radioactifs dans les phénomènes géologiques et plus spécialement dans les réactions chimiques dont l'écorce terrestre est le siège. (Selon ses propres paroles, c'est une conférence de Joly, entendue à un Congrès scientifique international à Dublin en 1908, qui lui a révélé l'importance de cette étude.)

Il fait procéder, par l'Institut du Radium dont il a obtenu la création, à une prospection systématique des substances radioactives dans les roches (détermination des âges géologiques), dans les eaux superficielles ou souterraines et décèle des concentrations anormales d'éléments radioactifs en relation avec les grands gisements de pétrole de l'Union soviétique, à la formation desquels ces substances paraissent avoir pris une part non négligeable.

Notre Académie l'élit Correspondant pour la Section de Minéralogie le 11 juin 1928. Invité par l'Université de Paris, il expose ses idées sur les problèmes de la Radiogéologie dans deux admirables Conférences qu'il donne les 19 et 22 décembre 1933 à notre Institut du Radium de la rue Pierre-Curie.

Se tenant toujours au courant des idées de la Science moderne, il attire l'attention de l'Académie de l'Union soviétique, en juin 1940, sur l'urgence d'entreprendre des recherches de minerais uranifères en liaison avec les problèmes de l'utilisation de l'énergie atomique, et obtient la nomination d'une Commission de l'Uranium le 25 juillet 1940.

Il est difficile de décrire tous les aspects de son activité tant ils sont divers. Citons pourtant encore l'intérêt qu'il prend aux *météorites* et aux *poussières cosmiques*, qui se manifeste par la création d'une Commission chargée de la récolte, de l'étude et du classement des échantillons destinés à enrichir la collection déjà remarquable qui figure au Muséum annexé à l'Académie des Sciences.

Rappelons encore la création de l'*Institut du Gel*, dont l'objet est l'étude des territoires congelés qui forment une partie très importante de l'Union soviétique, où la recherche et l'exploitation des richesses naturelles soulèvent de nombreux problèmes que la Commission due à l'initiative de Vernadsky s'efforce de résoudre.

Son activité n'est pas seulement d'ordre scientifique. Il s'intéresse à l'Histoire des sciences, pour laquelle il a rassemblé une riche collection de documents qu'il légua à la Commission de l'Histoire des sciences.

Il prend une part importante au développement économique et social de son Pays, qu'il aime profondément.

Les dernières années de sa vie furent attristées par l'invasion allemande, qui amena les barbares teutons presque sous les murs de Moscou et l'obligea à se réfugier dans le district d'Akmolinsk, où il eut la douleur de perdre

la compagne dévouée qui l'avait secondé toute sa vie dans son labeur écrasant, l'aidant à traduire ses publications en français ([1]), anglais, allemand, italien. Il ne douta pourtant jamais du triomphe final de la Russie sur l'Allemagne. Son article sur la noosphère se termine sur une note optimiste : « Nous pouvons regarder l'avenir avec confiance. Il est en nos mains. Nous ne le lâcherons pas. » (15 décembre 1943).

Rentré à Moscou en 1943, il eut la joie d'assister à la Victoire. Il s'est éteint à Moscou le 6 janvier 1945. Son caractère affable, sa droiture scrupuleuse, son dévouement inlassable lui avaient fait beaucoup d'amis.

Les Pouvoirs publics, à son jubilé (12 mars 1943) et après son décès, lui rendirent les hommages que son dévouement à la Science et à sa chère Patrie avaient bien mérité.

PHYSIOLOGIE. — *De l'adaptation à l'hyperoxie.*
Note de M. **Léon Binet** et M[lle] **Madeleine Bochet.**

L'inhalation continue d'oxygène à la pression atmosphérique détermine des troubles graves et aboutit à la mort lorsqu'elle est suffisamment prolongée. Nous avons étudié ce problème depuis 1917 et publié ici même avec Ch. Achard et A. Leblanc ([1]) des faits démonstratifs à cet égard. La notion de la nocivité des atmosphères suroxygénées à haute concentration est aujourd'hui classique, mais de nombreux auteurs français et étrangers n'ont pas cessé d'en poursuivre l'étude afin d'élucider le processus de cette action nocive. Il s'agit là d'un phénomène important quant à la physiologie de la respiration et il nous a semblé intéressant d'analyser les conditions capables de s'opposer à la mort et d'entraîner une tolérance de l'organisme aux atmosphères fortement suroxygénées.

Déjà, en 1938, nous avions souligné deux facteurs capables de supprimer l'action toxique de l'oxygène : d'une part sa dilution dans l'air à un taux inférieur à 60 % ; d'autre part l'effet d'une longue interruption pratiquée dans l'inhalation quotidienne d'oxygène pur ([2]). Nous avons repris ce problème et nos études ont porté sur un grand nombre de Rats blancs mâles et femelles, âgés de 3 à 10 mois, que nous avons soumis à l'inhalation

([1]) Les principales publications de Vernadsky en langue française sont *La composition chimique de la Matière vivante et la Chimie de l'écorce terrestre* (*Revue générale des Sciences*, **34**, 1923, pp. 42-51); *La Géochimie*, Paris, 1924; *La Matière vivante et la Chimie de la Mer* (*Revue générale des Sciences*, **35**, 1924, pp. 5-13 et 46-54); *Sur la portée biologique de quelques manifestations géochimiques de la vie* (*Revue générale des Sciences*, **36**, 1925, pp. 301-304); *L'autotrophie de l'humanité* (*Revue générale des Sciences*, **36**, 1925, pp. 495-502); *Les problèmes de la Radiogéologie*, Paris, 1935.

([1]) Ch. Achard, L. Binet et A. Leblanc, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 771.

([2]) **71**[e] *Congrès des Sociétés Savantes*, Nice, 1938, p. 355.

continue d'oxygène à la pression atmosphérique. La technique est celle que nous avons utilisée précédemment. Les animaux sont placés sous une cloche de verre en relation avec un tube d'oxygène muni d'un manodétendeur qui assure, jour et nuit, un débit d'oxygène égal et continu. Un sachet de chaux sodée absorbe le CO^2 exhalé par la respiration des animaux. Une tubulure permet d'effectuer des prises de gaz secondairement analysées dans l'eudiomètre de Plantefol. (L'analyse de l'atmosphère a régulièrement indiqué une concentration d'oxygène de 95 à 98 % analogue à celle du contenu des bouteilles d'oxygène.)

Nous avons observé le comportement et la survie, dans l'oxygène, de 23 Rats témoins mâles et femelles de 3 à 10 mois, nourris au régime simple de l'avoine ou de la caséine. En règle générale, tous les sujets ont présenté des troubles graves au 3e jour d'inhalation continue, et la mort est survenue après 3 ou 5 jours avec un état asphyxique. L'examen des animaux montre un sang noir, des poumons presque entièrement hépatisés; nous avons souvent constaté en outre un épanchement pleural abondant. Dans la phase critique du 3e jour, alors que la dyspnée est accentuée, il a suffi généralement de soustraire les Rats à l'oxygène et de les remettre à l'air pour voir les troubles régresser rapidement et la guérison survenir en 2 ou 3 jours; 6 témoins, retirés au 4e jour, survivent normalement après 17 jours dans l'air. Un Rat témoin a manifesté une résistance exceptionnelle : après avoir franchi le cap du 4e jour dans un état alarmant, il s'adapte et vit 64 jours dans l'oxygène.

Parce que le symptôme dominant de la maladie de l'oxygène est une anoxémie croissante, il nous a semblé intéressant de mesurer les échanges respiratoires de nos sujets d'expériences. Nous avons évalué, en centimètres cubes, la quantité de CO^2 dégagée par heure et par 100^g de poids corporel. Nous avons régulièrement constaté un effondrement du taux des combustions aux environs de 50 % de sa valeur primitive, entre le 3e et le 4e jour, dans la phase critique de l'expérience. Si l'animal est soustrait à l'atmosphère suroxygénée, les échanges reprennent très rapidement une valeur normale dans l'air.

Tout se passe comme si l'hyperoxie prolongée aboutissait d'une façon paradoxale à une anoxémie qui se traduit à la fois par une réduction de la perméabilité pulmonaire et par un effondrement des échanges respiratoires. L'obstacle mécanique est-il à l'origine de la chute des échanges, ou celle-ci serait-elle primitive et ne résulterait-elle pas d'une modification profonde de la respiration tissulaire et d'une atteinte au mécanisme normal des oxydoréductions ? Certains auteurs estiment que l'anoxémie résulte d'un bloquage des systèmes réducteurs et constatent expérimentalement chez le Cobaye l'atténuation des effets toxiques de l'oxygène

sous pression, sous l'effet d'injections de lactoflavine ou de glutathion.

Parce que nous avons constaté, avec Mlle Bonnet [3], une augmentation du taux du glutathion (taux doublé) dans le sang des animaux nourris à la levure alimentaire (aéro-levure de mélasse), nous avons soumis une série de 11 Rats blancs mâles et femelles à un régime équilibré comportant 53 % de cette même levure. Six d'entre eux, présentant une anorexie marquée, sont morts dans les mêmes délais que les témoins. Par contre 4 autres Rats ont présenté une tolérance très prolongée dans l'oxygène. Un sujet a été sacrifié après 24 jours; un autre après 30 jours d'inhalation continue; un 3e a été remis en atmosphère normale après 30 jours; enfin le 4e a vécu 16 jours dans l'oxygène après une interruption de 48 heures, effectuée au 3e jour d'inhalation continue, alors qu'il paraissait mourant. Les Rats ainsi adaptés présentent dans l'oxygène un aspect normal, une activité réduite ou nulle, un rythme respiratoire très ralenti. Après 20 à 30 jours on remarque parfois une expiration poussée; l'amaigrissement est très important, environ 30 % du poids primitif. Les sujets sacrifiés présentent des poumons pâles, des alvéoles distendues par des bulles gazeuses révélant un emphysème accentué que confirme l'examen histologique.

Le rôle d'un régime alimentaire capable de déterminer dans l'organisme une surcharge de glutathion ne nous paraît pas négligeable comme facteur d'adaptation prolongée des Rats blancs à l'oxygène; mais, avant de poursuivre ultérieurement cette étude, nous voudrions revenir sur nos observations effectuées en 1938 quant à l'atténuation considérable de l'action toxique de l'oxygène sous l'effet de *coupures* pratiquées dans l'inhalation continue.

L'existence d'une phase critique au 3e ou 4e jour, la régression rapide des troubles graves de la respiration pulmonaire et tissulaire de nos Rats dans l'air normal et leur atténuation au cours d'une seconde période d'inhalation d'oxygène, nous ont conduits à étudier l'influence d'une interruption marquée de l'inhalation pendant la période critique.

Nous avons soustrait les Rats à l'oxygène au 3e jour et nous les avons remis à l'air normal pendant une durée de 1-2 ou 3 jours; les Rats ont été exposés ensuite à l'oxygène, sans interruption ou par périodes alternant avec des retours à l'air normal. Nous avons ainsi observé 17 Rats, mâles et femelles, âgés de 3 à 9 mois, alimentés au régime simple de l'avoine. Le tableau suivant résume les temps d'observation en durée totale ou en périodes maxima d'inhalation continue.

---

[3] L. Binet et Mlle V. Bonnet, *Bull. Acad. Méd.*, 127, 1943, p. 593.

Nombre de rats.	Age en mois.	Poids en grammes.	Durée totale de l'inhalation d'O^2 en jours.	Périodes maxima O^2 continu en jours.
1	–	168	82	58
1	8	146	71	68
1	8	138	68	65
1	8	132	68	65
1	9	163	43	30
1	9	159	33	30
1	9	137	33	30
1	9	171	12	9 sacrifiés
6	3	–	28	26
3	–	–	11	8 sacrifiés

Les séjours ont été volontairement interrompus, la survie se montrant pratiquement indéfinie, limitée seulement par la perte de poids ou, éventuellement, l'aggravation de l'emphysème.

Comme précédemment, au cours de séjours très prolongés dans l'oxygène, nous avons enregistré, avec une apparence normale des animaux, un rythme respiratoire très ralenti, jusqu'à 32 respirations par minute au lieu de 100 à 150, avec une expiration souvent poussée après plusieurs semaines; une activité très réduite ou nulle, une diminution des échanges respiratoires d'environ 30 % après 2 mois, un amaigrissement également considérable; une augmentation de la teneur des hématies (élévation de 2 000 000 des globules rouges). L'examen direct ou histologique des poumons révèle un emphysème bulleux important. Les troubles régressent dans l'air et l'animal reprend son poids et son comportement normal.

Secondairement replacé dans l'oxygène après plusieurs semaines, l'animal conserve une tolérance remarquable de cette atmosphère artificielle.

Les nouvelles expériences que nous venons d'effectuer nous confirment la nocivité des séjours continus dans l'oxygène au taux voisin de 100 %. La mort est la règle chez le Rat blanc vers le 4e jour.

Nous avons noté qu'une alimentation par levure (aérolevure de mélasse), capable de doubler le taux du glutathion sanguin, pouvait augmenter la résistance des animaux à l'oxygène.

D'autre part et surtout, nos expériences nous permettent d'éviter la mort si l'on a soin d'interrompre l'inhalation continue quelque temps, au début de l'expérience. Après 3 jours dans l'oxygène pur et alors qu'il présente déjà, parfois, des troubles respiratoires graves, on soustrait le rat à l'oxygène et on le met à l'air pendant 2 à 3 jours. Ultérieurement remis dans l'oxygène, il tolère cette nouvelle épreuve ininterrompue pendant des semaines et nous avons vu dans ces conditions un Rat survivre à un séjour continu de 68 jours dans l'oxygène au taux de 95 à 98 % et conserver ultérieurement une tolérance incontestable à une pareille atmosphère.

A cause de leur importance, nous croyons devoir souligner ces épreuves d'accoutumance.

BACTÉRIOLOGIE. — *Culture du* B. subtilis *en milieu de composition chimique définie, en vue de la production et de l'extraction du principe antagoniste des bactéries pathogènes et des toxines microbiennes.* Note de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou** et **Paul Ramon**.

Au cours de ces dernières années, nous avons effectué des essais de nature diverse sur les ferments et tout spécialement sur les ferments microbiens (1). A cette occasion nous avons recherché les milieux de culture les plus favorables à l'élaboration de ces ferments par certains microbes, tels que le *B. subtilis* par exemple (2). C'est ainsi que nous avons mis au point un milieu à base de son de blé qui permet d'obtenir des filtrats de *B. subtilis* relativement riches en gélatinase (3).

Étendant nos investigations nous avons été amenés à étudier non seulement les diastases gélatinolytiques, amylolytiques, des filtrats du *B. subtilis* mais encore les propriétés antagonistes que ces filtrats sont susceptibles de posséder à l'égard de diverses bactéries pathogènes et des toxines microbiennes (4).

Cependant, si, comme nous l'avons montré, les filtrats de *B. subtilis* obtenus à partir de milieux à base de son offrent des propriétés gélatinolytiques et *antagonistes* de valeur en général assez élevée, cette valeur peut présenter des irrégularités plus ou moins grandes tenant à la qualité fort variable, surtout dans la période actuelle, des sons fournis par la meunerie. De plus, la filtration (à travers les bougies de porcelaine) des cultures est lente et l'extraction du ou des principes actifs de ces filtrats est rendue difficile du fait de la présence de substances étrangères (matières amylacées, mucilages) provenant de la décoction de son.

C'est pour ces raisons que, dans de nouvelles recherches, nous nous sommes adressés, pour la culture du *B. subtilis*, à des milieux de composition chimique définie. Après divers tâtonnements nous avons fixé notre choix sur le milieu de Sauton et nous avons cherché à l'utiliser soit dans sa formule initiale, soit après y avoir introduit certaines modifications : adjonction de quantités variables de glycérine, de levure, d'acétate de soude etc. Les détails de ces essais seront donnés ailleurs et plus tard. Nous nous bornerons à préciser que c'est le milieu de Sauton, préparé selon la formule ordinairement employée pour la culture du B. tuberculeux,

---

(1) G. Ramon, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 562; **218**, 1944, pp. 253, 335, 895.

(2) G. Ramon, L. Nicol, Mlle Germaine Amoureux et J. Pochon, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 268.

(3) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 341.

(4) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 543; G. Ramon et R. Richou, *ibid.*, p. 801.

qui nous a fourni jusqu'ici les résultats les plus satisfaisants ([5]). Le milieu une fois préparé est réparti en ballons de Fernbach, d'une contenance de 2 litres, à raison de 500^{cm^3} par ballon, puis stérilisé durant 40 minutes à la température de 115°.

L'ensemencement ayant été effectué à l'aide d'une souche sélectionnée de *B. subtilis*, les ballons sont portés à l'étuve à 35-36° durant 10 jours ([6]). Au bout de ce laps de temps, les liquides de culture sont passés à travers des bougies Chamberland L_3. Dans la plupart des cas la filtration est facile, beaucoup plus facile que pour les cultures en milieu à base de son.

Les filtrats ainsi recueillis sont d'abord titrés du point de vue de leur contenu en gélatinase, selon notre procédé habituel ([7]). En règle très générale, nos filtrats ont un pouvoir gélatinolytique régulièrement compris entre 1000 et 3000 unités gélatinolytiques, atteignant et dépassant parfois 5000 unités.

Leurs propriétés antagonistes sont éprouvées vis-à-vis de la bactéridie charbonneuse et du B. diphtérique, ainsi qu'à l'égard de certains poisons microbiens comme la toxine diphtérique et la toxine staphylococcique ([8]); elles coïncident le plus souvent avec le pouvoir gélatinolytique, bien que, comme nous l'avons dit déjà, il n'y ait pas entre elles et ce dernier de rapport mathématique. Nous nous préoccupons d'améliorer le milieu de Sauton en y introduisant des facteurs susceptibles d'accroître encore la valeur des propriétés antagonistes des filtrats.

Quoi qu'il en soit, les filtrats préparés de la façon indiquée nous servent actuellement à différentes recherches ayant trait principalement à l'influence de certains agents physiques (chaleur) ou chimiques (formol), d'une part sur le pouvoir gélatinolytique, d'autre part sur les propriétés anta-

([5]) Nous rappellerons ici cette formule :

Asparagine	4^{g}
Glycérine	50
Acide citrique	2
Phosphate bipotassique	0,5
Citrate de fer ammoniacal	0,05
Sulfate de magnésium	0,5
Eau	1000

Le milieu est ajusté à pH 7,2. Dans nos premiers essais, nous avons utilisé le milieu même préparé par les soins de A. Boquet pour la culture du B. tuberculeux. Des essais récents nous ont montré que l'eau du robinet est préférable à l'eau distillée.

([6]) A titre comparatif des cultures ont été effectuées à 35, à 30 et à 27°; les résultats obtenus, en ce qui concerne les pouvoirs gélatinolytiques et antagonistes ont été à peu près identiques dans les trois cas. Peut-être la température de 27° serait-elle un peu plus favorable.

([7]) Voir par exemple G. Ramon, R. Richou et P. Ramon, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 341 et 543.

([8]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801.

gonistes. Nous ferons connaître prochainement les conditions et les résultats de ces recherches.

Ce qu'il faut retenir des présents essais de culture du *B. subtilis* en milieux dits *synthétiques*, c'est, par comparaison avec les essais effectués antérieurement, en milieu à base de son par exemple, la facilité plus grande de la filtration, c'est la valeur relativement constante des propriétés des filtrats obtenus, c'est enfin la possibilité d'extraire de ces filtrats, sans être gêné par des substances étrangères complexes, le principe antagoniste (subtiline) des Bactéries et des toxines microbiennes, en vue de son utilisation expérimentale ou pratique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Élisabeth Jérémine. *Contribution à l'étude pétrographique des roches cristallines et métamorphiques de la Mauritanie* et *Sur quelques roches du Tasiast*. Extraits du *Bulletin* n° 6 *du Service des Mines de l'A. O. F.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution d'équations différentielles linéaires par un procédé de corrections successives.* Note (1) de M. **Marc Hirsovies**, présentée par M. Paul Montel.

Le procédé que je propose découle de la remarque suivante :

Soit une équation linéaire

$$(1)\qquad A_1F_1(y)+A_2F_2(y)+\ldots+A_nF_n(y)=B,$$

dans laquelle y est la fonction inconnue, A et B sont des fonctions de la variable x et F, les opérateurs fonctionnels jouissant de la propriété d'addivité [c'est-à-dire que l'on a, quels que soient y_1 et y_2, $F(y_1+y_2)=F(y_1)+F(y_2)$], comme les dérivées par exemple.

Formons les équations successives

$$(2)\quad\left\{\begin{array}{l}A_1F_1(y_1)+A_2F_2(y_1)+\ldots+A_kF_k(y_1)=B,\\ A_1F_1(y_2)+A_2F_2(y_2)+\ldots+A_kF_k(y_2)=-[A_{k+1}F_{k+1}(y_1)+\ldots+A_nF_n(y_1)],\\ A_1F_1(y_3)+A_2F_2(y_3)+\ldots+A_kF_k(y_3)=-[A_{k+1}F_{k+1}(y_2)+\ldots+A_nF_n(y_2)],\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\end{array}\right.$$

dans ces équations y_1, fonction de x, est une solution de la première équation, y_2 est une solution de la deuxième équation, etc.

Dans le cas des équations différentielles linéaires, nous supposons que y_1 est la solution qui correspond aux conditions initiales, qui sont les données du

(1) Séance du 23 juillet 1945.

problème, alors que y_2, y_3 etc. sont les solutions qui s'annulent, ainsi que leurs dérivées, pour la valeur initiale de x.

La fonction $y = y_1 + y_2 + y_3 + \ldots$, si elle est définie, constitue une solution de l'équation (1) dans l'intervalle où la série y est convergente.

Cette remarque peut servir à la résolution d'équations différentielles linéaires, de systèmes d'équations linéaires simultanées, ainsi que d'équations aux dérivées partielles.

Dans le cas d'équations différentielles linéaires, il est possible de démontrer qu'on peut obtenir, par ce procédé, une solution, au moins au voisinage de la valeur initiale de x, pour toutes les valeurs de x pour lesquelles le coefficient de la dérivée du même ordre que celui de l'équation est plus petit en valeur absolue dans le second membre des équations (2) que dans le premier membre de ces équations.

La somme $y = y_1 + y_2 + y_3 + \ldots$ est alors inférieure à celle d'une progression géométrique infinie dont la raison, inférieure à 1, dépend des valeurs maxima des différents coefficients dans l'intervalle où la solution est valable, ces coefficients étant supposés finis et continus dans cet intervalle.

Pratiquement on peut en général répartir les différents termes des équations (2) entre leurs deux membres de différentes façons et l'on choisit celle pour laquelle la série est la plus rapidement convergente ou pour laquelle les solutions des équations successives se présentent sous la forme la plus simple.

La méthode que je propose s'apparente à la méthode classique d'approximations successives de É. Picard, en ce sens qu'ici et là il s'agit de résoudre des équations dont chacune se déduit de celle qui la précède; mais, alors que, dans la méthode de É. Picard, chacune des solutions des équations successives est une solution approchée, et d'autant plus approchée que le rang de l'équation est plus élevé, dans la méthode proposée, chacune des nouvelles équations apporte une correction à ajouter à la solution approchée précédemment obtenue, correction d'autant plus faible que le rang de l'équation est plus élevé. De plus les deux méthodes se déduisent à partir de principes différents.

La méthode de É. Picard a une grande valeur théorique, mais son application peut conduire à des calculs extrêmement longs. La méthode proposée permet de donner l'expression analytique d'une solution approchée pour un grand nombre d'équations par des calculs relativement simples.

MÉCANIQUE ALÉATOIRE. — *Les équations différentielles aléatoires.* Note (1) de MM. **Jean Bass**, **Georges Dedebant** et **Philippe Wehrlé**, présentée par M. Joseph Pérès.

I. Soit $X(t)$ une fonction aléatoire ayant des moments d'ordre 1 et 2 continus. Désignons par $r(t_1, t_2)$ le coefficient de corrélation entre $X(t_1)$

(1) Séance du 23 juillet 1945.

et $X(t_2)$. On sait que, si $1 - r(t_1, t_2)$ est d'ordre α par rapport à $|t_2 - t_1|$, α ne peut dépasser 2 sans que $r(t_1, t_2)$ soit égal à 1. Dans ce cas $X(t)$ a nécessairement la forme

$$X(t) = A f(t) + g(t),$$

où A est une variable aléatoire indépendante de t.

Appelons constante aléatoire une fonction aléatoire $X(t)$ telle que

$$X(t_1) = X(t_2),$$

quels que soient t_1 et t_2. On peut démontrer que :

THÉORÈME. — *Si* $X(t)$ *admet une dérivée en moyenne quadratique* $\dot{X}$ *identiquement nulle,* $X(t)$ *est une constante aléatoire.*

Ce théorème permet de construire une théorie des *équations différentielles aléatoires,* comparable à la théorie des équations différentielles ordinaires et qui n'a rien de commun avec les équations différentielles stochastiques de S. Bernstein.

II. Considérons n fonctions analytiques $F_1, F_2, \ldots, F_n$ de $n+p+1$ arguments. Cherchons les fonctions aléatoires $X_1, \ldots, X_n$ dérivables en moyenne quadratique telles que

$$\dot{X}_i = F_i(X_1, X_2, \ldots, X_n, E_1, E_2, \ldots, E_p, t) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où les E_K sont p constantes aléatoires données. En adjoignant à ce système différentiel aléatoire les p équations

$$\dot{E}_K = 0 \qquad (K = 1, 2, \ldots, p),$$

on peut se ramener au cas où les F_i ne dépendent d'aucune constante aléatoire.

Soit $\rho(x_1, \ldots, x_n, t)$ la densité de probabilité conjuguée de $X_1, X_2, \ldots, X_n$. F_i étant la moyenne liée de X_i quand on connaît les valeurs x_i de X_i, on sait ([2]) que

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho F_i) = 0.$$

THÉORÈME. — *La densité de probabilité conjuguée des fonctions aléatoires inconnues est un multiplicateur du système différentiel ordinaire*

$$\frac{dx_i}{dt} = F_i(x_1, \ldots, x_n, t).$$

Il en résulte qu'on peut intégrer formellement le système aléatoire comme un système différentiel ordinaire, les constantes d'intégration étant aléatoires. Si $a_1, a_2, \ldots, a_n$ sont n intégrales premières, auxquelles correspondent

---

([2]) G. DEDEBANT, J. MOYAL et PH. WEHRLÉ, *Comptes rendus,* **210**, 1940, p. 243.

n constantes aléatoires ayant pour densité de probabilité $\rho_0(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, on a

$$\rho(x_1, \ldots, x_n, t) = \rho_0(a_1, \ldots, a_n)\frac{D(a_1, \ldots, a_n)}{D(x_1, \ldots, x_n)}.$$

La fonction ρ_0 peut être considérée comme une donnée (*condition initiale*).

Solutions stationnaires. — Supposons que les seconds membres F_i ne dépendent pas de t. La densité de probabilité des solutionss tationnaires vérifie le système

$$\sum_i \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho F_i) = 0.$$

On peut construire ρ à partir des n intégrales premières, en leur donnant la forme canonique de S. Lie ($a_1, \ldots, a_{n-1}$, indépendants de t, a_n fonction linéaire de t). Il suffit que R_0 soit fonction de $a_1, \ldots, a_{n-1}$ et non de a_n.

III. *Exemple.* — *Rotateur plan aléatoire.* Soit le système différentiel aléatoire

$$\ddot{X} + \omega^2 X = 0, \qquad \ddot{Y} + \omega^2 Y = 0,$$

qu'on ramène au système étudié ci-dessus en posant $\dot{X} = U$, $\dot{Y} = V$.

Cherchons les solutions stationnaires et isotropes (analogues aux mouvements circulaires du rotateur plan). Leur densité de probabilité $\rho(x, y, u, v)$ est un invariant commun au groupe des rotations et au groupe à un paramètre attaché au système différentiel

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0;$$

ρ est donc une solution commune aux deux équations aux dérivées partielles

$$y\frac{\partial\rho}{\partial y} - x\frac{\partial\rho}{\partial y} + v\frac{\partial\rho}{\partial u} - u\frac{\partial\rho}{\partial v} = 0, \qquad u\frac{\partial\rho}{\partial x} + v\frac{\partial\rho}{\partial y} - \omega^2 x\frac{\partial\rho}{\partial u} - \omega^2 y\frac{\partial\rho}{\partial v} = 0.$$

On trouve

$$\rho = \Phi[\omega^2(x^2 + y^2) + u^2 + v^2, vx - uy].$$

Ce résultat peut naturellement se déduire de la forme analytique des solutions, qui sont deux oscillateurs harmoniques de même période non aléatoire. On démontre que le mouvement de l'équivalent hydrodynamique ([3]) est une rotation dont la vitesse angulaire varie avec le rayon (rotation différentiée). Dans le cas exceptionnel où Φ est la loi de Gauss, c'est une rotation d'ensemble (le fluide est au repos par rapport à des axes en rotation), qui se réduit au repos absolu si la loi de Gauss est sans corrélations.

IV. Il est possible d'étendre la théorie des équations différentielles aléatoires au cas où le second membre est une fonction de X, de t et d'un certain nombre

---

([3]) G. Dedebant, J. Moyal et Ph. Wehrlé, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 332.

de fonctions aléatoires données $A(t)$. Ce cas comprend l'intégration au sens de Slutsky, c'est-à-dire la résolution de l'équation

$$\dot{X}(t) = A(t).$$

Il est facile à traiter lorsque l'équation différentielle ordinaire formellement identique à l'équation aléatoire s'intègre par quadratures. Dans le cas général il faut savoir intégrer des équations différentielles aléatoires irréductibles (au sens de la théorie des groupes), dont la solution ne se ramène pas à des quadratures.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques sur les méthodes expérimentales, fondées sur la mise en suspension de corpuscules solides dans les courants fluides.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Henri Villat.

1. Les méthodes actuelles de chronophotographie permettent d'envisager la mesure de la vitesse dans un écoulement gazeux rapide par les photographies successives de corpuscules en suspension dans le courant. Ce procédé suppose que les corpuscules suivent les particules fluides, d'où la nécessité d'un champ aérodynamique uniforme ([1]) et de l'introduction des corpuscules dans la veine assez en amont de l'endroit où se font les photographies.

En un point A d'une veine cylindrique, où le fluide a la vitesse U', plaçons, sans vitesse initiale, un corpuscule sphérique de diamètre d. Au point M situé à la distance $s = AM$ du point A, le corpuscule aura pris la vitesse $U = kU'$. En désignant par ρ la masse spécifique du corpuscule et par ρ' celle du fluide, l'équation générale de la Mécanique des suspensions s'écrit, dans le cas actuel ([2]),

$$U\frac{dU}{ds} = \frac{\rho}{\rho' d}(U' - U)^2 \varphi\left[\frac{(U' - U)d}{\nu}\right]$$

ou

$$k\frac{dk}{ds} = \frac{\rho}{\rho' d}(1 - k)^2 \varphi\left[(1 - k)\frac{U'd}{\nu}\right],$$

d'où

$$s = \frac{\rho' d}{\rho}\int_0^k \frac{k\,dk}{(1 - k)^2 \varphi\left[\frac{U'd}{\nu}(1 - k)\right]}. \tag{1}$$

Si nous supposons que la force d'entraînement est donnée par la loi de Stokes,

$$\varphi\left[\frac{U'd(1 - k)}{\nu}\right] = \frac{18\nu}{U'd(1 - k)},$$

([1]) E. Brun, G. Fasso et M. Vasseur, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 341.

([2]) E. Brun et M. Vasseur, *ibid.*, 218, 1944, p. 636.

par suite

$$s = \frac{\rho'}{18\rho} \frac{U'd^2}{\nu} [\log_e(1-k) + k].$$

Ainsi la *longueur que doit parcourir le corpuscule pour atteindre une fraction déterminée k de la vitesse* U′ *du courant est proportionnelle à la vitesse* U′ *et au carré du diamètre d du corpuscule.*

Pour un corpuscule d'aluminium sphérique d'un diamètre de 10 microns, placé dans un courant d'air, on obtient pour s

U′.	k........	0,9	0,98	0,99
30 m/s	....	$2^{cm},8$	6^{cm}	$7^{cm},2$
300 »	....	28	60	72

En fait, aux grandes vitesses, la loi de Stokes n'est plus applicable et la force d'entraînement est donnée, en fonction de la vitesse relative $U'(1-k)$, par une courbe expérimentale. En utilisant une telle courbe et en intégrant par une méthode d'approximation (méthode des trapèzes par exemple), on obtient, dans le cas du corpuscule précédent, $s = 10^{cm}$, au lieu de 28^{cm}, pour $U' = 300$ m/s et $k = 0,9$.

2. Par des méthodes graphiques et par des expériences (³), nous avons déjà montré que les trajectoires des corpuscules en suspension dans un fluide sont distinctes des filets fluides quand le champ des vitesses n'est pas uniforme et, en particulier, au voisinage des obstacles. Les méthodes de visualisation par suspension de corpuscules ne donnent donc jamais des résultats rigoureux; elles peuvent conduire, dans certains cas, à des conclusions grossièrement erronées.

Les constructions graphiques nous ont montré qu'au voisinage d'un cylindre circulaire de 5^{cm} de diamètre et d'envergure infinie, placé dans un courant d'air chargé de particules sphériques d'aluminium de 20 microns de diamètre, les trajectoires des corpuscules à l'amont diffèrent déjà nettement des filets fluides quand la vitesse dépasse 5 m/s. A l'aval le sillage apparent que dessinent les corpuscules est plus étendu que le sillage réel : il existe une zone d'*air clair* en mouvement. La visualisation sera satisfaisante pour des vitesses plus élevées si l'obstacle est de plus grandes dimensions ou si les corpuscules sont plus fins ou moins denses.

Aux grandes vitesses certaines trajectoires assez éloignées de l'obstacle peuvent en couper d'autres ayant passé près de l'obstacle et ayant subi, de ce fait, des déviations plus importantes : cette fausse représentation des filets fluides peut faire croire à l'existence de tourbillons, inexistants dans la réalité.

(³) E. BRUN et M. VASSEUR, *ibid.*, 219, 1944, p. 112; E. BRUN et R. CARON, *ibid.*, 219, 1944, p. 307.

Par contre les corpuscules ne dessinent pas des tourbillons de petites dimensions et ne sont pas affectés par la turbulence fine du courant.

Signalons enfin que, dans la réalité, les corpuscules mis en suspension ne sont ni de mêmes dimensions ni de même forme. Comme à chaque catégorie de corpuscules correspond un réseau de trajectoires, l'hétérogénéité des corpuscules entraîne des intersections de trajectoires et des apparences de zones tourbillonnaires. En particulier la limitation du sillage apparent ne saurait être nette.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une représentation à* 5 *dimensions des équations des particules de spin* 1 *et* 2. Note [1] de Mme **MARIE-ANTOINETTE TONNELAT.**

Particule de spin maximum 1. — La théorie du photon rencontre des difficultés relatives à l'invariant I_1 et à l'existence d'une solution d'annihilation. Ces difficultés peuvent être aplanies en supposant que le terme de masse est introduit par une 5e dimension [2].

Les équations maxwelliennes de la théorie du photon prennent alors la forme

$$(\mathrm{M})\qquad \partial_M\Phi_{NP}+\partial_P\Phi_{MN}+\partial_N\Phi_{PM}=0,\qquad \partial^P\Phi_{PM}=0\qquad (M, N, P, \ldots=1, 2, 3, 4, 5).$$

Le tenseur antisymétrique Φ_{MN} se réduit au champ électromagnétique pour ses composantes $\Phi_{\mu\nu}(\mu, \nu=1, 2, 3, 4)$ et au potentiel électromagnétique pour ses composantes $\Phi_{\mu 5}$ $(\Phi_{\mu 5}=\Phi_\mu)$.

Les équations non maxwelliennes de la théorie du photon s'écrivent d'autre part

$$(\mathrm{NM})\qquad \partial_M\varphi_N-\partial_N\varphi_M=0,\qquad \partial^M\varphi_M=0,$$

en posant

$$\varphi_{\mu\nu\rho}=\varphi_\sigma,\qquad \varphi_{\mu\nu\rho\sigma}=I_2=\varphi_5\qquad (\mu, \nu, \rho, \sigma=\text{perm. circ. sur } 1, 2, 3, 4).$$

on peut remarquer que :

1° φ_5 devant se comporter comme un pseudo-invariant et φ_σ comme un pseudo-vecteur, les seules transformations possibles de coordonnées sont de la forme $x'_\mu=f_\mu(x_1x_2x_3x_4)$, $x'_5=x_5$ et introduisent donc une *condition cylindrique* comme dans la théorie de Kaluza;

2° ce formalisme ne permet pas de séparer les équations (M) ou (NM) en équations essentielles comportant des termes de masse en k_0, et en équations sans k_0. Autrement dit, les équations d'ondes avec termes de masse ne sont plus autonomes au point de vue variance relativiste. Elles doivent être obligatoirement associées aux équations sans termes de masse qu'on en peut déduire.

---

(1) Séance du 25 juin 1945.

(2) L. de BROGLIE et M.-A. TONNELAT, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 889.

Particule de spin maximum 2. — On sait que les équations de cette particule comprennent 3 cas possibles, suivant que le spin total j est égal à 0, 1, ou 2.

Cas $j=0$. — Les équations du cas $j=0$ se ramènent aux suivantes :

$$(S_0) \qquad \partial_P \varphi_{MN} - \partial_M \varphi_{PN} = 0, \qquad \partial^P \varphi_{PM} = 0,$$

et l'on retrouve la représentation quadridimensionnelle en posant

$$\varphi_{\mu 5} = \varphi_\mu, \qquad \varphi_{55} = -\varphi,$$

(S_0) entraîne la condition $\Sigma_M \varphi_{MM} = 0$.

Cas $j=1$. — Les équations relatives à ce cas ne sont pas identiques à (M), car elles comportent en outre la définition de 2 gradients : gradient du champ et gradient du potentiel. On a ainsi

$$(S_1) \qquad \partial_P \psi_{[MN]Q} - \partial_Q \psi_{[MN]P} = 0, \qquad \partial^P \psi_{[PM]N} = 0, \qquad \partial_P \psi_{[MN]Q} + \partial_N \psi_{[PM]Q} + \partial_M \psi_{[NP]Q} = 0,$$

et ces équations se ramènent immédiatement au formalisme habituel; en posant

$$\psi_{[\mu\nu]5} = -\chi_{\mu\nu}, \qquad \psi_{[\mu 5]5} = -\psi_{5\mu} = \chi_\mu$$

on vérifie que

$$\psi_{[MN]P} + \psi_{[PM]N} + \psi_{[NP]M} = 0.$$

Cas $j=2$. — Les équations relatives à ce cas sont rassemblées dans le système suivant :

$$(S) \qquad \partial_R \Phi_{([MN][PQ])} + \partial_N \Phi_{([RM][PQ])} + \partial_M \Phi_{([NR][PQ])} = 0, \qquad \partial^P \Phi_{([PQ][MN])} = 0,$$

qui se réduisent aux formes habituelles en posant

$$\Phi_{([\mu\nu][\rho 5])} = \Phi_{[\mu\nu]\rho}, \qquad \Phi_{([\mu 5][\nu 5])} = -\Phi_{(\mu\nu)}.$$

Les $\Phi_{([MN][PQ])}$ vérifient la condition

$$\sum_{M,N} \Phi_{([MN][MN])} = 0.$$

Il est facile de séparer le cas $j=0$, que renferment encore les équations (S) du cas $j=2$, en posant

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\Phi^0_{MN} = \frac{1}{3} \sum_P \Phi_{[MP][NP]}, \\ &\Phi^{(2)}_{([MN][PQ])} = \Phi_{([MN][PQ])} - \delta_{MQ}\Phi^0_{NP} - \delta_{NP}\Phi^0_{MQ} + \delta_{MP}\Phi^0_{NQ} + \delta_{NQ}\Phi^0_{MP}. \end{aligned} \right.$$

En substituant dans (S), ces équations (S) se scindent alors en 2 parties comprenant :

un système (S_2) identique à (S), mais où les Φ sont remplacés par les $\Phi^{(2)}$;

un système (S'_0) identique à (S_0), mais où les φ sont remplacés par les $\Phi^{(0)}$.

La relation $\Sigma_P\, \Phi^0_{PP}$ n'est pas une hypothèse supplémentaire, mais une conséquence nécessaire des équations (S'_0).

Notons que, pour aboutir à cette séparation, nous partons des définitions (1), qui sont tout à fait intuitives dans un formalisme à 5 dimensions. Si l'on revient à un formalisme quadridimensionnel, on constate que (1) est identique à la séparation proposée par van Isacker ([3]). Mais cette séparation, qui permet d'isoler complètement le cas $j=2$ du cas $j=0$, est beaucoup moins immédiate à prévoir dans un formalisme utilisant 4 dimensions et des termes de masse.

RELATIVITÉ. — *Définition et interprétation d'un nouveau tenseur élastique et d'une nouvelle densité de couple en électromagnétisme des milieux polarisés.* Note ([1]) de M. **Olivier Costa de Beauregard.**

I. Nous avons indiqué comment un calcul direct, entièrement appuyé sur les équations de Maxwell avec et sans second membre, ainsi que sur la formule de la densité de force de Lorentz, fournit les formules de Minkowski, qui étendent celles de Maxwell au cas le plus général,

$$(1) \qquad f^i = \partial_k M^{ik} + \frac{1}{4} F^{kl}[\partial^i] H_{kl}, \qquad M^{kl} = H^{li} F^k_{.i} + \frac{1}{4} F^{ij} H_{ij} \delta^{kl},$$

avec $[\partial^i] = \overset{\rightarrow}{\partial^i} - \overset{\leftarrow}{\partial^i}$ et $i, j, k, l = 1, 2, 3, 4$. Le tenseur $\mu^{kl} = M^{lk} - M^{kl}$ est la densité de couple pondéromoteur bien connue de la théorie des milieux polarisés ([2]).

On peut faire un calcul tout à fait parallèle au précédent, en remplaçant les deux équations de Maxwell par leurs conséquences respectives $\partial_k j^k = 0$ et $H^{kl} = \partial^l A^k - \partial^k A^l$, et aboutir ainsi aux formules

$$(2) \qquad f^i = \partial_k N^{ik} + \frac{1}{2} A^k [\partial^i] j_k, \qquad N^{kl} = A^k j^l - \frac{1}{2} A^i j_i \delta^{kl},$$

qui jouissent de l'invariance de jauge, et dont l'analogie de structure avec les (1) est frappante. Dans (2_1) comme dans (1_1) la contribution à f^i du premier groupe de termes du second membre est du type *élastique*. Le nouveau tenseur élastique asymétrique N^{kl} comprend 1° un *tenseur élastique d'espace* N^{uv} $(u, v = 1, 2, 3)$ dont les composantes s'expriment en fonction de celles du potentiel vecteur A^u et de la densité de courant j^u; 2° un vecteur *densité d'impulsion électromagnétique* $-iN^{u4}/c = qA^u$ et un vecteur *densité de courant d'énergie* $-icN^{4u} = cVj^u$ $(icq = j^4,\ iV = A^4)$; 3° une *densité d'énergie électromagnétique* $-N^{44} = (1/2)(cVq + \vec{A}\vec{j})$, en laquelle on reconnaît l'expression de la densité d'énergie supposée *concentrée dans la distribution*, qui est classique en théorie

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 51.

([1]) Séance du 25 juin 1945.

([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, pp. 662-664.

des régimes permanents; moyennant certaines restrictions que nous indiquerons, la validité de cette expression se trouve ainsi étendue au cas le plus général.

Contrairement à celle du tenseur de Maxwell, la trace du tenseur N^{kl}, qui est homogène à une densité d'énergie propre de la distribution, n'est pas nulle; elle a pour expression $-A_k j^k = cVq - \vec{A}\vec{j}$, et l'on peut remarquer que, les deux quadrivecteurs A^k et j^k étant du genre temps (ou à la limite, pour A^k, isotrope), les deux expressions $-N^{44}$ et N_i^i restent positives.

II. Le tenseur $\nu^{kl} = N^{lk} - N^{kl}$ est homogène à une densité de couple pondéromoteur propre d'Univers; on peut, à l'aide d'une formule due à E. Henriot, le rattacher au couple μ^{kl} de Maxwell-Minkowski. Partant de l'expression de $\mu^{kl} - \nu^{kl}$ et tenant compte des relations $\partial_l F^{kl} = j^k$, $H^{kl} = \partial^l A^k - \partial^k A^l$ et $\partial_i A^i = 0$, on parvient à écrire en effet, les sommations s'entendant par permutation circulaire,

$$\mu^{kl} - \nu^{kl} = A_i \Sigma\, \partial^i F^{kl} + \partial_i \{ \Sigma A^i F^{kl} - 2 A^i F^{kl} \} + \partial^l (F^{ki} A_i) - \partial^k (F^{li} A_i). \tag{3}$$

En vertu de la définition $F^{kl} = H^{kl} + m^{kl}$ et de l'équation de Maxwell sans second membre, et l^{ikl} désignant la densité de courant magnétique de polarisation, le 1er groupe de termes du second membre s'écrit $A_i l^{ikl}$; le tenseur ternaire { } antisymétrique en k, l et le quadrivecteur ( ), homogènes à des densités de spin électromagnétiques, sont les deux *momentors* de E. Henriot (²).

III. Dans les formules (1) et (2), les tenseurs M^{kl} et N^{kl} ne sont évidemment définis qu'à des tenseurs additifs près, de divergence en l nulle. En particulier l'établissement de ces formules n'est pas une *démonstration* du fait que les densités de couple μ^{kl} ou ν^{kl} doivent se manifester physiquement. En fait l'expérience montre que μ^{kl} se manifeste et que ν^{kl} ne se manifeste pas.

Théoriquement, l'action du champ électromagnétique sur un milieu polarisé est, par excellence, représentée par les équations du fluide statistique de Dirac; on sait en effet que les équations de Dirac correspondent au cas limite des équations d'interaction photon-électron de M. L. de Broglie où l'on néglige la réaction de l'électron sur le champ (³). Or la Théorie de Dirac relie respectivement les deux densités de couple μ^{kl} et ν^{kl} aux densités de spin τ^{ijk} de E. Durand et σ^{ijk} classique d'une manière qui permet leur interprétation précise (⁴).

L'expression μ^{kl} est, par une formule de E. Durand, égalée à la divergence $\partial_i \tau^{ikl}$; le second terme, ou terme *potentiel*, de la densité de spin τ^{ijk}, qui s'écrit $A^i m^{kl}$, est homogène à l'un des *momentors* de E. Henriot. L'expression

---

(²) *Les couples de radiation et les moments électromagnétiques*, Paris, 1936, pp. 13-14.

(³) *La Mécanique ondulatoire du photon*, Paris, **2**, 1942, pp. 132-133. — On se rappelle que la formule de la densité de force de Lorentz, notamment, est conséquence de la Théorie de Dirac.

(⁴) O. Costa de Beauregard, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 961-963.

— ν^{kl}, de son côté, constitue le *terme potentiel* de l'expression $T^{lk} - T^{kl}$, où T^{kl} désigne le tenseur inertique asymétrique de Tetrode; on sait qu'une formule de Tetrode égale cette expression à $\partial_i \sigma^{ikl}$. Il est clair ainsi que la densité de couple ν^{kl} n'a pas d'existence physique indépendante, mais qu'elle assure simplement l'invariance de jauge de l'expression $T^{lk} - T^{kl} = \partial_i \sigma^{ikl}$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'existence des rayons* γ *de très faibles énergies du radium* D. Note [1] de MM. **Tsien San-Tsiang** et **Claude Marty**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans un travail précédent sur les photoélectrons des rayons γ du RaD, nous avons indiqué la possibilité de l'existence de raies d'énergie inférieure à 25 ekV [2]; des expériences ultérieures nous ont permis de confirmer cette existence et de préciser leur énergie et leur intensité.

La méthode déjà décrite est encore utilisée, mais, avant d'entrer dans la chambre Wilson à basse pression [3], le faisceau canalisé des rayons émis par la source de RaD traverse un champ magnétique très intense qui élimine la totalité du rayonnement β, de sorte que l'effet des rayonnements électromagnétiques de faible énergie peut être observé sans aucune gêne.

La première série d'expériences a été faite dans le but d'étudier des rayonnements d'énergie inférieure à 25 ekV, la pression initiale de l'air contenu dans l'appareil Wilson étant 23^{cm}. La répartition de 257 trajectoires en fonction du parcours vrai, exprimé en équivalent d'air à 15° C, et 760^{mm}, est donnée par la courbe (I). En admettant connue la largeur d'une raie monocinétique d'électrons, nous pouvons décomposer la courbe en plusieurs groupes. D'après la relation existant entre le parcours et l'énergie des électrons [4], les groupes L_β et L_γ correspondent, aux erreurs expérimentales près, aux électrons extraits de la couche K de N ou de O par les raies L_β et L_γ des rayons X de l'élément 83 [5]. Le groupe Z, ayant une largeur trop grande, semble être dû à l'ensemble des électrons du groupe L_α-83 ($R = 2^{mm},5$) et d'un autre groupe de parcours inférieur à 2^{mm}. Enfin quelques trajectoires entre 7 et 12^{mm} indiqueraient la présence de rayons d'énergie comprise entre 20 et 25 ekV.

Pour confirmer l'existence de ces derniers rayons, nous avons fait une deuxième série d'expériences avec une pression initiale de 69^{cm}. Dans ces conditions, les électrons d'énergie entre 15 et 35 ekV ont des longueurs comprises entre 10 et 30^{mm} (cet intervalle est celui où l'on a la plus grande précision, tant

---

(1) Séance du 30 juillet 1945.

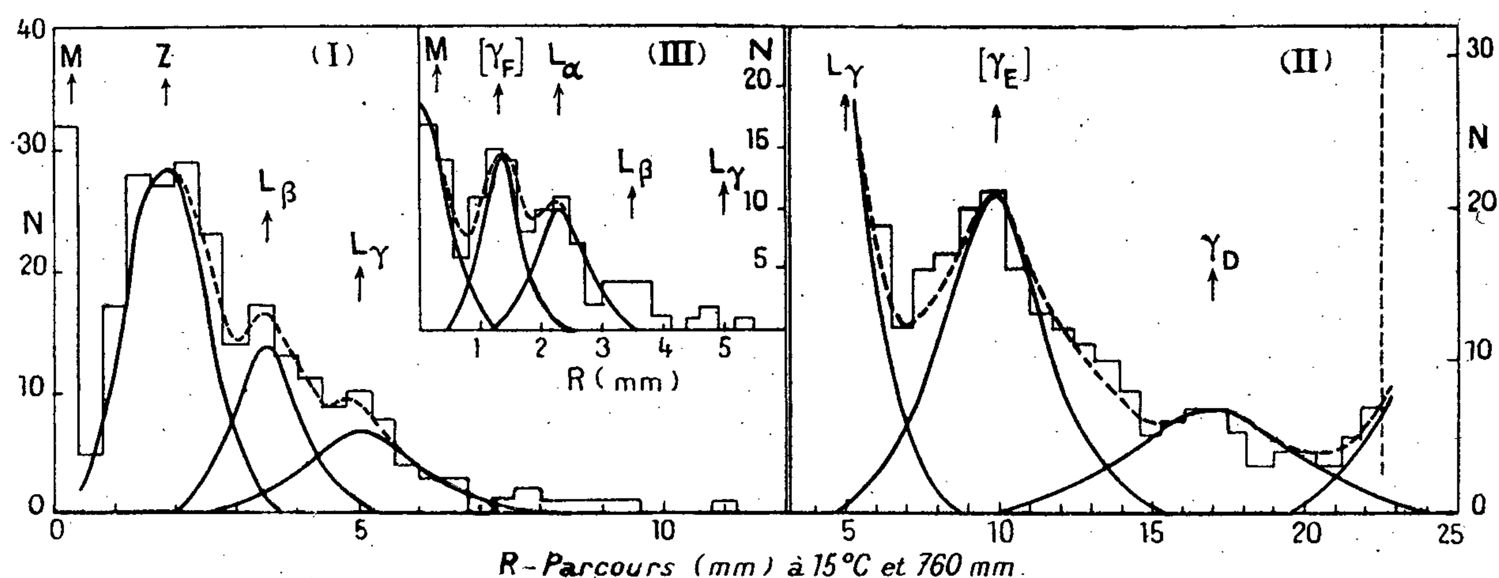
(2) Tsien San-Tsiang et C. Marty, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 688.

(3) F. Joliot, *Journ. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 217.

(4) Tsien San-Tsiang, *Ann. de Phys.*, **19**, 1944, p. 327.

(5) M. Frilley et Tsien San-Tsiang, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 144.

sur le parcours que sur le nombre des rayons). Seules les trajectoires comprises dans cet intervalle ont été mesurées. La courbe de répartition de 232 rayons (courbe II) indique nettement deux groupes (*D* et *E*) de parcours de 17,0 et



$9^{mm},9$ à 15° C. et 760^{mm}, correspondant respectivement aux deux raies de 31,3 ± 0,8 et 23,2 ± 0,6 ekV. La première coïncide pratiquement avec la raie de 32 ekV, signalée déjà par la diffraction cristalline (⁶). *La seconde est une raie* γ *nouvelle du* RaD, *que nous appelons* γ_E. *Son énergie est sensiblement égale à la moitié de celle de la raie principale* γ_A (46,7 ekV). *L'intensité, estimée par rapport à celle de* γ_D (⁷), *est de* 1 *photon par* 100 *désintégrations.*

La troisième série d'expériences a été faite avec une pression initiale de $13^{cm},5$ afin d'obtenir une meilleure séparation des rayons très courts. Le résultat (courbe III) montre qu'en effet le groupe *Z* est composé de deux groupes de parcours de 2,3 et $1^{mm},3$. Le premier correspond à peu près aux photoélectrons dus aux raies L_α-83, *le second est dû à une raie* $\gamma(\gamma_F)$ *d'énergie de* 7,3 ± 0,7 ekV, *non encore signalée, ayant une intensité d'environ* 10 *photons par* 100 *désintégrations. Ainsi c'est la première fois qu'on montre que les rayons* γ *d'énergie inférieure à celle des électrons* L *sortent des noyaux lourds avec une probabilité très appréciable.*

Les trajectoires inférieures à $0^{mm},5$ (*M*) sont très probablement celles des photoélectrons des raies M-83 (E < 4 ekV) et des électrons Compton (⁸).

CHIMIE MINÉRALE. — *Les réactions en phases solides. Préparation des sous-sels.* Note (¹) de M. **Paul Brasseur**, transmise par M. Louis Hackspill.

La réduction en phases solides d'un sel d'un métal par ce métal lui-même, en vue de préparer des sous-sels, a été jusqu'ici peu étudiée.

(⁶) M. Frilley, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 505; L. Salgueiro, *Portugaliae Physica*, **1**, 1944, p. 67.

(⁷) Tsien San-Tsiang, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 503.

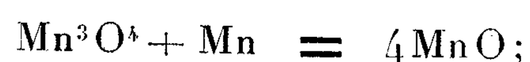
(⁸) G. von Droste, *Zeits. f. Phys.*, **84**, 1933, p. 17.

La première expérience de cette nature qui ait été signalée est celle de Chenevix (*Soc. Roy. de Londres*, 5 mars 1801), qui a réduit l'oxyde cuivrique par le cuivre.

Des barres de cuivre sont entourées d'oxyde cuivrique pulvérulent, et le tout est chauffé au rouge; l'oxyde cuivreux est séparé par simple grattage. La méthode a été améliorée par l'emploi de poudres fines soigneusement mélangées; on peut utiliser un excès de métal, éliminé ensuite par un réactif approprié. C'est ainsi que Billy (²) a préparé, par chauffage à différentes températures d'un mélange d'oxyde titanique et de titane, les oxydes suivants : Ti^3O^5 bleu, Ti^2O^3 violet, Ti^3O^4 noir, et TiO brun. Le titane métallique et les oxydes sont très sensibles à l'action de l'air, ce qui oblige à opérer dans le vide ou en atmosphère inerte. Billy évite de recourir à un appareillage compliqué, en plaçant le creuset où s'effectue la réaction dans un mélange de rutile et de magnésium finement pulvérisé; ce mélange assure une protection très efficace à la fois contre l'oxygène et contre l'azote.

Cependant, à ce dispositif très simple, on peut faire une objection : la masse protectrice n'est efficace qu'à haute température; or, au cours du refroidissement, c'est cette masse qui se refroidit la première; on peut craindre à ce moment que la protection ne soit plus suffisante et que l'air puisse parvenir au contact de la substance encore chaude. J'ai perfectionné la méthode en opérant de la façon suivante. Le creuset est placé au fond d'un tube réfractaire fermé à la partie inférieure, et rempli avec la masse absorbante. Ce tube peut être chauffé par un enroulement résistant divisé en deux parties; la partie supérieure est chauffée la première, et c'est seulement lorsque cette partie a atteint une température suffisante que l'on chauffe la partie inférieure où se trouve le creuset. Des couples thermoélectriques permettent de contrôler les températures. Au refroidissement, on opère de façon inverse, et l'on n'arrête le chauffage de la partie supérieure que lorsque le creuset est suffisamment froid. Pour défourner, la masse protectrice est désagrégée facilement, et on l'enlève par aspiration.

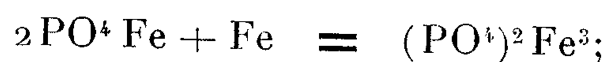
En utilisant ce dispositif, j'ai effectué à 800° la réaction



$$Mn^3O^4 + Mn = 4MnO;$$

l'excès de manganèse est dissous dans l'acide acétique étendu et l'oxyde manganeux a été analysé et identifié aux rayons X.

Il était intéressant d'appliquer la même méthode aux composés ternaires, à condition que les composés choisis puissent résister au chauffage et contiennent un oxyde susceptible d'être réduit; le phosphate de fer répond à ces conditions. Mélangé à un excès de fer pulvérisé, l'orthophosphate est chauffé une demi-heure à 800° :



$$2PO^4Fe + Fe = (PO^4)^2Fe^3;$$

(¹) Séance du 16 juillet 1945.

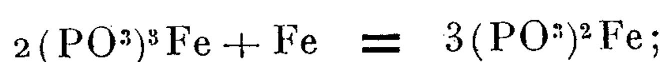
(²) *Ann. Chim.*, 9, 1921, p. 16.

après dissolution du fer dans l'acide acétique on obtient une poudre blanche dont la composition est bien celle de l'orthophosphate ferreux :

	PO^4.	Fe.
Trouvé..............	53,2	46,5
Théorique...........	53	47

Par examen des clichés de diffraction de rayons X, ce phosphate se montre identique au produit obtenu par calcination, à l'abri de l'air, d'un phosphate ferreux naturel.

J'ai appliqué la même réduction au métaphosphate ferrique



$$2(PO^3)^3Fe + Fe = 3(PO^3)^2Fe;$$

après chauffage à 900°, l'excès de fer est éliminé par ClH; la composition trouvée est la suivante :

	PO^3.	Fe.
Trouvé..............	74,4	25,0
Théorique...........	74,3	25,7

Ainsi mise au point cette méthode de réduction entre composés solides est simple et pratique, tout en n'exigeant qu'un appareillage très réduit. Elle s'applique non seulement aux composés binaires, mais aussi aux composés ternaires, et peut aisément se généraliser, sous la seule réserve que les produits traités ne se décomposent pas sous l'action de la chaleur.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du chaînon de Saint-Chinian* (*Hérault*). Note de M. **Marcel Casteras**, présentée par M. Charles Jacob.

On doit à Ch. Depéret, pour le chaînon de Saint-Chinian, une analyse stratigraphique et un schéma structural (1). Sur ce dernier, j'apporte des précisions, surtout relatives aux deux extrémités du chaînon.

La couverture éocène de la Montagne Noire est reployée dans le synclinal du Minervois, prolongé à l'Est par celui de Cessenon. Déversé vers le NW sur ce synclinal, le chaînon de Saint-Chinian se décompose en un faisceau arqué de plis et d'écailles imbriquées, affectant une série comportant du Keuper, du Lias, du Dogger, du Danien, du Montien, enfin du Nummulitique marin. L'anticlinal frontal, dit du Pech Montahut, passe vers le NE, par surélévation et rupture de son axe, à l'écaille de Cazedarnes. Par un synclinal montien, courant de Lasfont à Cazo, il est séparé du faisceau de Roquefourcade. Celui-ci comporte quatre écailles, à cœur triasique ou rhétien, chevauchant des synclinaux crétacés intermédiaires. Le synclinal plus interne de Fargoussières précède lui-même l'anticlinal

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **27**, 1899, pp. 689-709.

de Creissan, dernier accident surgissant au Sud à la limite du Miocène. Les éléments du faisceau de Roquefourcade ne se développant que dans l'angle SW du chaînon, le synclinal de Fargoussières s'étale plus à l'Est, en arrière de l'écaille de Cazedarnes.

Terminaison orientale du chaînon au Nord de Cazouls. — Les affleurements de Trias et de Jurassique entre Cazouls et la vallée de l'Orb ont été attribués par R. Nicklès [2] à une nappe charriée, provenant du refoulement vers le NE d'un grand pli couché s'enracinant sous le Miocène. Le charriage serait prouvé par plusieurs fenêtres, la plus vaste correspondant à l'affleurement de grès daniens situé à l'Ouest de Canders.

La région au Nord de Cazouls m'apparaît, au contraire, comme constituée par un vaste anticlinorium dont les plis élémentaires, de direction subméridienne (anticlinaux de Combelles et de Capel, à l'Ouest; faisceau des plis du Roucan, à l'Est), s'enracinent sur place. En effet le faisceau du Roucan se surélève vers le Nord, où il se résout en un pli unique, l'anticlinal de Cazal Vieil. Celui-ci subit une brusque torsion vers l'Ouest, avec refoulement périphérique sur les calcaires daniens de la rive gauche de l'Orb. Une écaille de Trias et de Lias, enserrant une lame de Danien, traverse, couchée presque à l'horizontale, la route de Cessenon entre la Bousquette et Puech Thomas. Discontinue, elle se poursuit par des témoins établissant sa jonction avec l'écaille de Cazedarnes.

Le pli de Cazal Vieil est donc le prolongement de l'écaille de Cazedarnes après une brusque déviation vers le Sud; il s'enracine sur place à l'Est de la prétendue fenêtre de Canders. Celle-ci n'est pas fermée vers le Nord; mais l'affleurement crétacé, effondré il est vrai par rapport au pli de Capel, n'est que la terminaison ultime du synclinal de Fargoussières, qui, ayant subi la même déviation que l'anticlinal plus frontal, vient se perdre en hauteur sur le faisceau des plis de Cazouls.

Enfin, à l'Est du pli de Cazal Vieil s'allonge en direction Nord-Sud le synclinal éocène de Réals, dépendance du synclinal de Cessenon. Il est effondré par une faille qui le borde à l'Ouest, doublée d'ailleurs dans la partie Nord de son trajet par une petite faille accessoire qui abaisse un gradin intermédiaire.

Sur son bord oriental le synclinal de Réals est chevauché par le pli couché de Sévignac. Ce dernier pli, orienté Nord-Sud et déversé vers l'Ouest, a sa racine cachée sous les alluvions. Entre Thézanel et Sévignac il est couché à l'horizontale, masquant sous le revêtement de son noyau triasique la terminaison du synclinal de Réals. Plus au Nord, le flanc inverse du même pli se montre en face du château de Mus, puis il traverse l'Orb et se poursuit jusqu'à Jougran.

---

[2] *Ibid.*, pp. 715-720.

Terminaison méridionale du chaînon au Nord de Bize. — L. Barrabé [3] voit dans la terminaison méridionale du chaînon un anticlinal couché unique, enveloppé de Danien et d'Éocène marin, qui s'enracinerait dans la région de Montouliers, chevauchant ainsi sur 4^km le synclinal du Minervois. A mon sens et pour les raisons suivantes, c'est faire une trop large part aux mouvements tangentiels.

1° L'anticlinal du Pech Montahut, qui se prolonge dans le Mont Cayla, est un pli frontal, inférieur aux écailles plus internes de Roquefourcade, dont il est séparé par un synclinal montien.

2° Tout le faisceau plissé subit une brusque déviation vers le SE. Cette torsion affecte aussi bien l'anticlinal frontal, dont l'axe passe, dans le Mont Cayla, de la direction NE-SW à la direction NW-SE, que les écailles inférieures de Roquefourcade; le dernier affleurement visible, sous le Pliocène de Montplo, accuse la même direction NW-SE.

3° Dans le flanc inverse du Mont Cayla naît le contact anormal qui suit le bord méridional du chaînon. Cet accident plonge au Nord; mais, redressé, comme les témoins étirés qui le jalonnent, c'est une surface d'étirement longeant un accident anticlinal enraciné sur place avec débordement latéral.

4° Le pli frontal du chaînon subit, entre le Pech Montahut et le Mont Cayla, un abaissement d'axe vers le Sud. Cette constatation ne s'accorde pas avec l'interprétation qui voit le chaînon se relever vers le Sud par-dessus le Pech de Bize.

Je conclurai donc à l'enracinement presque sur place de l'anticlinal du Mont Cayla, seulement affecté d'un débordement périphérique sur le synclinal du Minervois. En face de l'ennoyage du bombement anticlinal du Pech de Bize, le chaînon subit une brusque avancée vers l'Ouest; puis, à la hauteur du Mont Cayla, il prend une direction générale SW-NE. Cette brusque déviation explique le débordement périphérique qui affecte aussi bien son pli frontal que les éléments plus internes de Roquefourcade.

Les deux extrémités du chaînon de Saint-Chinian révèlent ainsi une brusque torsion du faisceau plissé, le recouvrement se bornant à un débordement périphérique, localisé dans la zone de torsion maxima des accidents.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence dans le Sud marocain de rhyolites contemporaines de la transgression géorgienne.* Note [1] de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans l'Anti-Atlas [2], des conglomérats et des laves antécambriennes diffèrent des puissantes séries laviques bien connues qui reposent en discordance sur ce Précambrien. Ces dernières, malgré plusieurs discordances

[3] *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 5e série, **8**, 1938, pp. 14-16; *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, **8**, 1938, pp. 493-503.

[1] Séance du 23 juillet 1945.

[2] *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 109.

locales, doivent être considérées comme *faisant partie d'une seule époque, d'une durée très longue, qui correspond à la phase finale de destruction de la dernière grande chaîne précambrienne et précède immédiatement la transgression géorgienne* (³). De légers mouvements tectoniques, posthumes dans cette grande phase orogénique, s'échelonnent au long de cette époque. Ils provoquent d'une part ces épanchements extraordinaires de laves, généralement de nature fissurale, d'autre part ces reprises successives d'érosion, avec discordances et dépôt des masses conglomératiques et gréseuses d'origine continentale.

En somme l'époque des conglomérats et des laves de la base du Géorgien *ressemble étrangement à l'époque permienne et joue, par rapport à la dernière chaîne précambrienne, le même rôle que celle-ci par rapport à la chaîne hercynienne.* Cependant le schéma ne s'applique pas à toutes les laves du Sud marocain et j'ai pu observer, dans la région située au Sud-Est de Tazenakht, des laves plus récentes, contemporaines de la transgression géorgienne et même postérieures. Ici, je me propose de décrire les rapports des premiers niveaux marins du Géorgien avec les conglomérats et les laves.

On sait que la transgression géorgienne est de plus en plus tardive de l'Ouest vers l'Est (⁴). Or, quel que soit le niveau de son début, les premières couches marines ne sont pratiquement jamais réellement concordantes avec la série des conglomérats et des laves. Ils la recouvrent tantôt en légère discordance, tantôt en concordance apparente. C'est là la *dernière* discordance qui affecte cette série. Cependant il est relativement rare de voir les calcaires se superposer directement aux laves ou au Précambrien. Le plus souvent, des conglomérats peu épais s'y intercalent. Concordants avec la série des calcaires, ils en font partie malgré leur faciès, identique à celui des conglomérats des complexes laviques inférieurs.

Tel est le cas sur le pourtour du Tazeroualt, où la série sous-jacente des grès d'Anzi est tantôt faillée (bordure Ouest), tantôt plissée (bordure Sud). A Kerdous, où les conglomérats et les laves comportent trois discordances, la dernière série conglomératique est également concordante avec les calcaires qui la recouvrent. A l'Est d'Aït Abdallah les conglomérats associés aux calcaires ont près de 50ᵐ. Ils recouvrent d'autres conglomérats inclinés à 45°. Dans l'Anti-Atlas central cette dernière discordance est très nette, quoique faible au Nord de Kourkouda et à Temdaouzguez, à l'Ouest et à l'Est de la plaine archéenne des Zenaga. Les conglomérats associés aux calcaires et discordants sur les laves ont près de 75ᵐ à Bou Azzer, où ils comportent une coulée andésitique.

(³) G. Choubert et L. Neltner, *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 5ᵉ série, **8**, 1938, p. 168.
(⁴) G. Choubert, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 69.

Mais la disposition la plus compliquée est dans le massif montagneux entre la vallée synclinale de l'Oued el Kaabia au Nord et la feija acadienne d'Alougoum-N'Soula au Sud (Sud-Est de Tazenakht). On assiste ici à une interpénétration intime des conglomérats et des laves avec les calcaires inférieurs. Trois avancées calcaires alternent avec des coulées de rhyolites et d'andésites accompagnées de formations détritiques. Vers l'Est les calcaires se chargent de graviers et de sables et passent aux grès grossiers et aux conglomérats. Vers l'Ouest les laves meurent en biseau au milieu de la masse calcaire. Localement des îlots et lentilles calcaires s'alignent au sein des formations éruptives, ainsi que des *brèches* spéciales à éléments laviques, morceaux de scorie et lapillis noyés dans une masse calcaire.

Vers l'Est, à partir de la vaste cluse d'El Kaabia (Foum el Oued), les calcaires inférieurs n'existent plus et la série des grès et schistes violets ([4]) recouvre directement celle des conglomérats et des laves. Les termes supérieurs de celle-ci sont également géorgiens, mais, vu la faible importance de la dernière discordance, leur distinction devient très délicate.

Cette interpénétration des calcaires et des laves, également vue par L. Neltner ([5]) et J. Dresch ([6]) dans le Haut-Atlas, démontre que, *localement*, les éruptions volcaniques ont duré tardivement dans le Géorgien.

D'ailleurs toute activité volcanique dans l'étendue du Sud marocain semble avoir cessé au Géorgien moyen. Les cheminées rhyolitiques dans l'Acadien du Tizi n'Tichka (Haut-Atlas), cartographiées par L. Moret ([7]), puis signalées par M. Gigout ([8]), E. Roch ([9]) et J. Dresch ([10]), ne sont que des réapparitions tectoniques des rhyolites du J. Bou Ourioul.

A propos des faits décrits ci-dessus, je rappelle la similitude des séries laviques du Sud marocain avec les immenses coulées de Keweenaw du Lac Supérieur. Là aussi les auteurs modernes ([11]) rapprochent les derniers termes du Keweenaw supérieur du Géorgien inférieur.

([5]) *Ibid.*, p. 123.

([6]) *Recherches sur l'évolution du relief dans le Massif central du Grand Atlas*, Tours, 1941, p. 7.

([7]) *Notes et Mém., Serv. Mines et Carte géologique du Maroc*, 19, 1931, Carte géologique.

([8]) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 7, 1937, pp. 210-211.

([9]) *Notes et Mém., Serv. Mines et Carte géol. Maroc*, 51, 1939, p. 64.

([10]) *Ibid.*, p. 8.

([11]) C. K. Leith, *Guide géologique du Congrès géologique international*, Guide Book 27, pp. 1-7, Washington, 1933.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la colchicine et de l'acénaphtène sur la spermatogenèse des Orthoptères du genre* Stauroderus *Boh.* Note [1] de Mlle **Madeleine David**, présentée par M. Maurice Caullery.

Sokolov (1939) avait observé le dédoublement des chromosomes spermatogoniaux de *Stenobothrus* sous l'influence de la colchicine. J'ai repris ces expériences sur deux espèces de *Stauroderus*, *vagans* (Eversm.) et *biguttulus* (L.).

L'étude de la spermatogenèse normale montre l'existence, dans les divisions spermatogoniales, de 17 chromosomes, dont trois paires en V. Au cours de la première division de maturation apparaissent 8 tétrades et 1 chromosome impair, qui est l'hétérochromosome. Les spermatocytes de second ordre renferment les uns 8, les autres 9 chromosomes.

Des solutions de colchicine, dont les degrés de concentration varient de 0,3 à 1 $^{0}/_{00}$, furent injectées dans l'abdomen des Criquets. Les animaux traités furent sacrifiés, et leurs testicules fixés, de 12 à 48 heures après l'injection. Les résultats observés furent les suivants :

I. L'action de la colchicine se manifeste avec une particulière énergie sur les divisions spermatogoniales : *a*, la plupart des divisions sont bloquées en métaphases; les anaphases et les télophases sont très rares; *b*, les formations fusoriales, astériennes et centriolaires semblent faire complètement défaut; *c*, la forme des chromosomes est modifiée; les éléments chromatiques sont épaissis et rétractés. Dans le cas des chromosomes en V, les deux bras se disposent dans le prolongement l'un de l'autre; ils sont séparés l'un de l'autre par un mince étranglement clair qui correspond au centromère. Chaque bras est plus ou moins profondément clivé par une fissure longitudinale. Suivant le degré de clivage, les chromosomes prennent l'aspect d'une rosette, d'un X ou d'un H. Parfois la division du chromosome et du centromère est complète. Ces figures rappellent celles qui ont été décrites sous le nom d'*endomitose*; *d*, le nombre de chromosomes est bien supérieur à la normale; dans certaines spermatogonies les chromosomes sont au nombre de 34 à 50, et dispersés dans toute la cellule; ces figures semblent résulter d'un processus d'endomitose. D'autres spermatogonies renferment deux à trois noyaux bien individualisés; leur origine exacte n'a pu encore être précisée. Ces spermatogonies sont géantes par rapport aux spermatogonies normales.

II. Des aspects analogues se retrouvent dans les spermatocytes I et II, et dans les spermatides : blocage des mitoses en métaphase, cellules géantes renfermant soit un grand nombre de chromosomes dispersés dans la cellule, soit plusieurs noyaux d'apparence normale. Le nombre

---

(1) Séance du 23 juillet 1945.

de noyaux est, en moyenne, compris entre 2 et 8, mais il peut s'élever exceptionnellement à 26.

III. Les stades de passage entre les différents stades de la spermatogenèse sont rares. On observe cependant quelques clivages de tétrades en deux dyades, sans que celles-ci se disposent en plaques équatoriales, et quelques images très atypiques et difficiles à interpréter d'anaphases et de télophases. Ces figures suggèrent que les images observées ne représentent pas les différents termes d'une série subissant un développement continu, mais bien plutôt des cellules à évolution mitotique bloquée, à des stades divers de la spermatogenèse, à l'instant où l'élément a été saisi par l'action colchicinique.

IV. Certains cytes soumis à l'action très ménagée de la colchicine (solution vieillie de colchicine) peuvent cependant subir une évolution complète. La preuve en est donnée par l'existence de spermatozoïdes, en apparence bien constitués, mais géants (mesurant jusqu'à 12^{μ}, alors que la taille normale est de 4^{μ}), et *possédant jusqu'à 12 centrosomes et un nombre égal de flagelles.* Ces spermatozoïdes 12-ploïdes proviennent incontestablement de spermatogonies dont la division cytoplasmique est inhibée, mais dont les mécanismes de division chromatique et centrosomien n'ont pas été profondément altérés.

V. Les volumes des cellules géantes sont sensiblement proportionnels aux nombres des chromosomes qu'elles renferment; les volumes des spermatozoïdes polyploïdes sont proportionnels au nombre de centrosomes qu'ils contiennent.

VI. Le grand nombre de figures de pycnose et de dégénérescence observées, dans les testicules traités par des solutions de colchicine fraîche est très élevé. Elles établissent l'action toxique qu'exerce cette substance sur les éléments en division.

VII. Quelques Criquets ont été injectés avec une solution alcoolique d'acénaphtène diluée dans l'eau distillée. Cette substance exerce, sur la spermatogenèse, une action beaucoup plus ménagée que la colchicine. L'appareil cinétique persiste, quoique altéré. On observe des anaphases et des télophases, mais non accompagnées de divisions cytoplasmiques. Les cellules géantes sont moins nombreuses que chez les criquets colchicinisés; des spermatozoïdes polyploïdes ont été observés.

VIII. Ces expériences prouvent que la colchicine et l'acénaphtène permettent d'obtenir chez les animaux, de même que chez les végétaux, des cellules géantes et polyploïdes. L'obtention de spermatozoïdes polyploïdes, en apparence bien constitués et viables, permet d'envisager la possibilité de les employer dans des fécondations et d'obtenir des Criquets polyploïdes, de taille géante.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la formation de lactoflavine à partir de l'*Eremothecium Ashbyii. *Influence des constituants du milieu sur la production du pigment.* Note [1] de MM. **Jean Renaud** et **Maurice Lachaux**, présentée par M. René Souèges.

Nous avions signalé [2] qu'il était possible, dans certaines conditions, d'obtenir des quantités importantes de lactoflavine à partir de l'*Eremothecium Ashbyii* cultivé sur milieu liquide de Gorodkowa, à base de peptone et de glucose. Depuis, nous avons fait varier les proportions de ces aliments. Voici les résultats des dosages :

Lactoflavine en mg/litre.

Composition du milieu. (ClNa 5g. Eau 1000 cm³)				Age de la culture (en jours)							
	Peptone. g.	Glucose. g.		8.	12.	13.	14.	19.	24.	29.	34
A.....	12	2,50	(Gorodkowa)	52			65	91	96	76	49
B.....	24	5		57	42			69	69	65	
C.....	12	5		74	35			87	109	82	
D.....	12	15		35		85		109	128	142	
E.....	12	30		55		98		82	159	120	

De ces observations, nous dégagerons les conclusions suivantes :

1° L'augmentation du taux de peptone diminue le rendement en lactoflavine, en forçant la croissance du Champignon.

2° Par contre l'augmentation de la teneur en glucose accroît la production de lactoflavine. C'est avec le milieu E que nous avons enregistré la plus forte teneur en pigment (159^{mg} par litre) au bout de 24 jours de culture. Toutefois, dans leur ensemble, les résultats ne sont pas nettement supérieurs à ceux du milieu D, que nous préconisons de préférence.

Nous avons en outre remarqué que l'addition de 1^{g} de $PO^4H^2NH^4$ est bienfaisante et régularise les rendements. Ce sel agit vraisemblablement comme tampon, ralentissant l'alcalinisation du milieu, qui se produit normalement lorsque vieillit la culture. Par contre l'addition de SO^4Mg (1^{g} ‰) diminue la quantité de pigment.

Nous attirons enfin l'attention sur deux valeurs aberrantes qui figurent dans la colonne du 12e jour au tableau précédent pour les expériences B et C. La diminution de la teneur en lactoflavine (42 et 35^{mg}) est en rapport avec un phénomène curieux que nous ne pouvons pas encore expliquer. En effet, dans les deux flacons en question, le fragment ensemencé n'a produit que quelques colonies, très volumineuses, alors que dans les autres il s'était développé en

(1) Séance du 27 novembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 498.

donnant une multitude de petites colonies distinctes. Généralement la formation de ces colonies nombreuses est automatique, mais elle semble nécessaire pour obtenir de bons rendements en lactoflavine.

BIOLOGIE. — *Sur les facteurs du comportement reproducteur du Serin,* Serinus canaria *L. : éclairement, nid, rapprochement des sexes.* Note [1] de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Un couple de Serins en captivité, exposé à la lumière naturelle et pourvu d'un nid, élève normalement chaque année, entre avril et septembre, trois ou quatre couvées de trois œufs en moyenne chacune, puis subit la mue et entre en repos génital jusqu'à la saison suivante. En présence d'une corbeille tressée et de fragments de coton, la première manifestation extérieure de l'activité génitale chez la femelle est l'utilisation du coton pour la confection du nid.

1° *Influence de la lumière.* — L'éclairement du couple est un facteur indispensable de la reprise de l'activité génitale. J'ai soumis en plein hiver plusieurs couples, en repos génital et ayant effectué leur mue annuelle, à un éclairement supplémentaire artificiel ininterrompu fourni par des lampes de 100 et 200 watts. En dépit d'une température souvent inférieure à 0°, les femelles ont construit leur nid, puis pondu, trois semaines environ après le début de l'expérience. Les œufs ont été couvés et ont éclos normalement. Les couples témoins, soumis à la lumière du jour, ne manifestaient aucune velléité de construction.

D'autre part une femelle activée par la lumière et construisant son nid cesse de construire si on la soumet à un éclairement artificiel d'intensité suffisamment réduite.

Ces observations sont à rapprocher de celles de J. Benoit [2] sur le Canard. Mais la réaction du Serin est particulièrement nette et facile à constater. De plus, chez le Serin, la lumière met en marche, aussi bien chez le mâle que chez la femelle, le cycle complet du comportement reproducteur.

Si la reprise de l'activité génitale au printemps peut être attribuée, d'après ces observations, à l'augmentation de la durée des jours, la cessation de l'activité génitale en fin de saison paraît relever d'un mécanisme interne indépendant de l'éclairement. Les femelles activées en hiver par la lumière artificielle sont en effet entrées en mue dès le mois de juin, plus tôt que les témoins. J'ajoute que, durant la période de mue, les oiseaux paraissent réfractaires à l'activation par la lumière : un couple éclairé à partir du 20 novembre 1944, alors qu'il était en pleine mue, a achevé de muer et n'a pondu que le 8 janvier 1945.

---

(1) Séance du 30 juillet 1945.

(2) *Bull. Biol. de la France et de la Belgique,* **70**, 1936, p. 487; **71**, 1937, p. 393.

2° *Nécessité du nid.* — La lumière n'est pas le seul facteur indispensable à l'accomplissement du cycle reproducteur. Dans les conditions ordinaires de la captivité un couple privé de nid ne se reproduit pas. Trois couples adultes, conservés dans ces conditions d'août 1943 à juin 1944, n'ont pas pondu; mais, en juin 1944, l'introduction d'un nid dans les cages a suffi pour provoquer la ponte en quatre jours.

Chez une femelle activée par la lumière et manifestant déjà l'instinct de nidification, la simple privation du coton nécessaire à la construction du nid peut inhiber la ponte.

3° *Rôle de la présence du mâle.* — Une femelle qui a déjà été accouplée ne construit son nid et ne pond qu'en présence d'un mâle; mais l'accouplement n'est indispensable ni à la nidification, ni à la ponte. Il suffit d'approcher ou d'éloigner de la femelle une cage contenant un mâle pour lui faire entreprendre ou abandonner la construction de son nid.

Par contre une femelle vierge n'ayant jamais vu de mâle peut construire et pondre normalement en l'absence de mâle.

Mes observations, bien qu'encore incomplètes, montrent déjà que les conditions du comportement reproducteur normal sont nombreuses et complexes, d'ordre physique et d'ordre psychologique. Mais la condition primordiale de toute activité génitale est l'éclairement, agissant sans doute par l'intermédiaire de l'hormone hypophysaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence, dans les vibrions cholériques, d'aminoacides nouveaux extractibles par l'acétone et par l'alcool méthylique. Identification de l'un d'eux, l'acide aminoadipique.* Note (1) de Mme **Judith Blass** et M. **Michel Machebœuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Si l'on épuise des vibrions cholériques par la méthode d'extraction de Machebœuf, Dieryck et Stoop (2), l'extrait acétonique et l'extrait alcoolométhylique contiennent en abondance des substances azotées non lipidiques parmi lesquelles sont des aminoacides aux solubilités anormales. Dans la présente Note nous étudions seulement la fraction qui n'avait pas été extraite par l'acétone ni par l'éther, mais qui le fut ensuite par l'alcool méthylique.

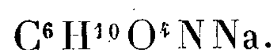
La solution méthylique évaporée laisse un résidu, qui est lavé à l'éther pour enlever des lipides. Le reste insoluble est repris par de l'alcool méthylique anhydre froid qui laisse des substances très peu solubles, mais qui dissout la fraction (V) que nous étudions ici. (V) est lavé au chloroforme, pour éliminer quelques phospholipides, puis dissous dans un peu d'eau et additionné d'acide phosphotungstique (en milieu sulfurique 0,2N) qui précipite seulement 1/4 de

(1) Séance du 23 juillet 1945.

(2) *Ann. Inst. Pasteur*, 54, 1935, pp. 71-86.

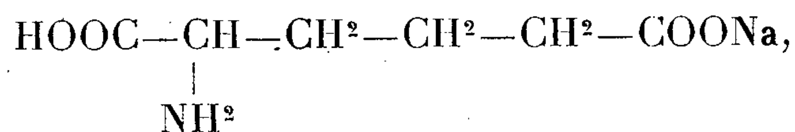
l'azote. Dans le liquide séparé du précipité, on élimine l'acide phosphotungstique par de la baryte, puis l'excès de baryte par CO^2. On évapore à sec dans le vide, puis on élimine les traces de CO^3Ba en reprenant par de l'eau privée de CO^2. La solution filtrée est évaporée dans le vide. Il y apparaît des cristaux qui, d'emblée, semblent constitués par une substance pure. Ces cristaux sont bien solubles dans l'eau et leurs solutions donnent toutes les réactions générales des aminoacides (ninhydrine, Sœrensen etc.). La solution donne un précipité avec l'acétate de mercure, le nitrate d'argent et l'acétate de plomb, mais n'en donne pas avec l'acide picrique, l'iode ioduré, ni le sulfate de mercure en milieu acide.

L'analyse élémentaire, après purification, conduit à la formule brute



$$C^6H^{10}O^4NNa.$$

L'azote est à l'état d'amine primaire et il est facile de constater l'existence d'une fonction acide libre et d'une autre fonction acide saturée de sodium. La formule doit donc être



$$\underset{\substack{|\\ NH^2}}{HOOC-CH}-CH^2-CH^2-CH^2-COONa,$$

c'est-à-dire sel de sodium d'un acide aminoadipique. Nous n'avions pas assez de substance pour pouvoir préciser la position exacte de la fonction amine, que nous plaçons dans la formule ci-dessus en α par rapport à COOH, par simple analogie avec les aminoacides les plus courants dans la nature.

A simple titre d'indication, disons que la fraction (V) représente 4,7 % des bacilles secs et que notre rendement en aminoadipate de sodium purifié fut légèrement supérieur au 1/3 de cette fraction.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Au sujet du potentiel d'oxydoréduction limite de croissance des Bactéries anaérobies.* Note (¹) de MM. **Eugène Aubel**, **Albert-J. Rosenberg** et Mlle **Marianne Grumberg**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La détermination du potentiel d'oxydoréduction limite le plus élevé compatible avec la croissance des Bactéries anaérobies a déjà fait l'objet d'un nombre important de travaux. D'une façon générale les auteurs admettent que l'on peut fixer aux environs de $E_h = +0,110$ V, à pH 7 ce potentiel limite. Mais la signification réelle et l'importance de la valeur mesurée restent obscures; c'est d'ailleurs la conclusion à laquelle ont abouti certains chercheurs comme Knaysi et Dutky (²) ou Broh-Kahn et Mirsky (³), et c'est ce qui nous a incités à faire les expériences dont nous allons donner les résultats.

(¹) Séance du 30 juillet 1945.

(²) *Journ. Bact.*, **31**, 1936, p. 137.

(³) *Ibid.*, **35**, 1938, p. 455.

La technique adoptée est celle de Hewitt [4]. Elle consiste à envoyer dans le milieu de culture un courant d'un mélange d'azote et d'oxygène, dont la vitesse est réglée de façon à obtenir un potentiel déterminé. La mesure de ce potentiel est faite par la méthode électrométrique classique. La Bactérie étudiée était *Clostridium saccharobutyricum*, que l'on cultivait sur bouillon de foie glucosé auquel on ajoutait de l'extrait de Pommes de terre. La croissance était suivie par mesure de l'opacité du milieu au moyen de l'électrophotomètre de Meunier. Le volume du liquide de culture était de 35^{cm^3}.

1° *Évolution du potentiel dans l'azote pur.* — Ensemencé avec 2^{cm^3} d'une culture prise pendant la phase logarithmique de la croissance, on observe dans le milieu, au bout de 3 à 4 heures une baisse brusque du potentiel et 4 à 5 heures après l'ensemencement, on obtient la valeur minima, qui est de l'ordre de $E_h = -0,274$ V à pH 5. Cette valeur est la même si l'on ajoute 0,001 % de colorant universel M/200, constitué par un mélange de bleu Nil, bleu d'alizarine, phénosafranine, vert Janus et rouge neutre.

2° *Essai de stabilisation du potentiel à des niveaux différents.* — Effectué en envoyant aussitôt après l'ensemencement un mélange en proportions variables d'azote et d'oxygène. Un mélange à 7 % de O^2 donne un potentiel se stabilisant à $E_h = +0,219$ V à pH 6,8. Il n'y a pas de croissance. Avec 3,5 % de O^2 on a une stabilisation à $E_h = +0,156$ V à pH 6,8 sans croissance. Avec 1,4 % de O^2 stabilisation à $E_h = +0,116$ V à pH 6,8 et croissance. Dès que l'on constate la croissance le potentiel s'abaisse et atteint rapidement $E_h = -0,224$ V à pH 5,2. A ce moment les Bactéries supportent un taux d'oxygène plus élevé.

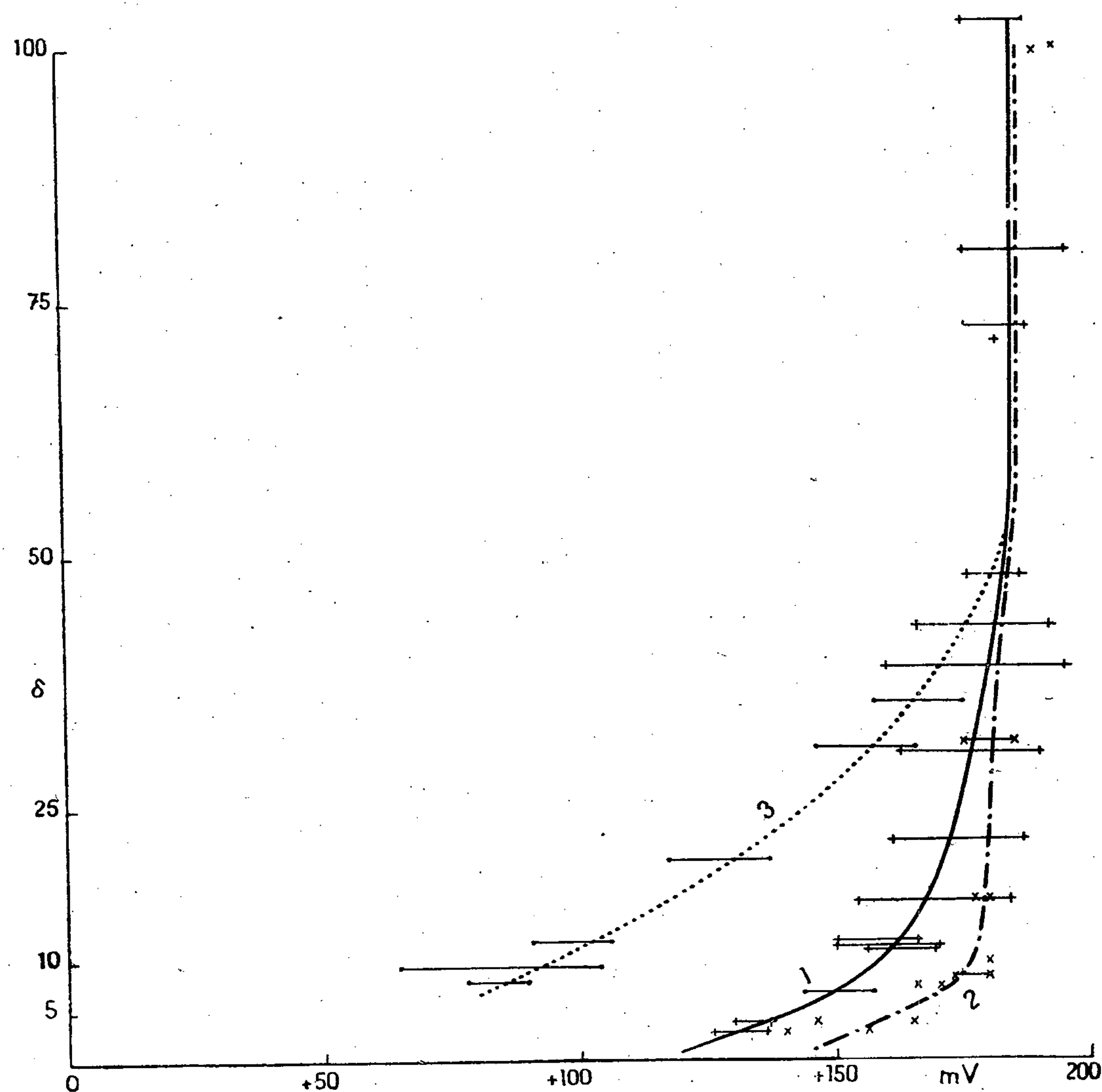
3° *Potentiel d'arrêt en fonction de la quantité de bactéries.* — Au cours de la phase logarithmique de croissance en atmosphère d'azote on détermine, par passage d'un mélange air-azote, le potentiel qui provoque un arrêt brusque de la croissance, ceci à différents stades de la croissance. En portant en ordonnées la quantité de Bactéries, en abscisses le potentiel observé, on obtient la courbe 1. Le potentiel d'arrêt est d'autant plus élevé que la quantité de bactéries est plus grande $E_h = +0,120$ V à pH 6,3 à $E_h = +0,170$ à pH 6,2.

4° *Influence des produits secrétés par la Bactérie sur la valeur du potentiel d'arrêt.* — Ces produits sont obtenus en centrifugeant dans le vide, c'est-à-dire dans les tubes où elles ont poussé, les Bactéries. Les cultures doivent être âgées de 4 à 5 heures au plus. 5^{cm^3} du liquide surnageant sont ajoutés au moment où l'on envoie le mélange gazeux qui doit déterminer l'arrêt de croissance. On constate que les Bactéries supportent pour un même pH un potentiel plus élevé que les Bactéries sans extrait (courbe 2).

5° *Potentiel d'arrêt obtenu avec les Bactéries séparées du milieu où elles ont poussé.* — Le culot de centrifugation dans le vide est mis en suspension dans un

(4) *Bioch. Journ.*, **24**, 1930, p. 512.

milieu de culture stérile, désaéré, en volume égal à celui dans lequel elles ont poussé : 2^{cm^3} de la suspension servent à ensemencer 35^{cm^3} du milieu d'expérience.



On constate que le potentiel d'arrêt pour un même pH est rejeté vers des potentiels plus bas (courbe 3).

Ces résultats s'expliquent par le fait que les Bactéries se défendent contre l'arrivée de O^2 par H^2 et les substances réductrices qu'elles libèrent dans le milieu de culture. Le niveau d'oxydoréduction au moment de l'arrêt est donc déterminé par la compétition entre l'oxygène et les produits du métabolisme bactérien.

La séance est levée à 15^h35^m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AOUT 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **BLAS CABRERA**, Correspondant pour la Section de Physique générale, survenu à Mexico, le 1er août 1945.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des protides. Résumé bref des résultats principaux sur le rayonnement des molécules.* Note de M. **HENRI DESLANDRES**.

La Note précédente du 2 juillet 1945 était consacrée aux lipides et à la catalyse; la Note actuelle étudie les protides, qui forment la dernière branche de la Chimie biologique.

I. Les protides sont les éléments les plus importants de la matière vivante. Le plus souvent à l'état colloïdal, ils sont très complexes, avec un poids moléculaire élevé; leur étude chimique est encore bien incomplète. Mais les diverses hydrolyses les décomposent en molécules plus simples, et particulièrement en acides aminés, qui seront les seules molécules examinées avec détails dans cette Note. On les divise en holoprotéines, formées seulement d'acides aminés et en hétéroprotéines, qui, outre les acides aminés, comprennent le groupement prosthétique formé par d'autres groupes d'atomes souvent nombreux et complexes.

Le plus simple des acides aminés est le glycocolle $CH^2.NH^2.COOH$, qui offre une fonction amine et une fonction acide. Déjà analysé dans la Note du 29 décembre 1941, il est divisible en deux parties CH^4N et CO^2H dont les nombres s' d'électrons activables sont 9, 13, 17 et 11, 17 et 23, d'où les nombres s' communs 17, $10^{\pm}$, $12^{\pm}$, $15^{\pm\pm}$ et $20^{\pm\pm\pm}$. Les deux fréquences ν 1323 et 2964, mesurées par Edsaal (1) donnent avec l'analyse les cinq nombres s'

---

(1) Glycocolle, par EDSAAL, *J. Chem. Phys.*, 4, 36, p. 1; Alanine, par SANNIÉ, *Bull. Soc. chim. France*, 3 mai 1941. Les autres fréquences sont tirées du tome second de Kohlrausch.

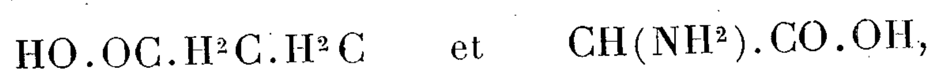
précédents. On peut ajouter trois fréquences plus petites publiées dans le tome 2[d] de Kohlrausch, ν940, 962 et 1174, qui sont reliées aux mêmes nombres. De plus la fréquence ν1174 est émise aussi par les aminoacides, la valine, la leucine et la phénylalanine.

L'alanine, qui suit le glycocolle, a un spectre Raman mesuré par Sannié, dont les deux fréquences ν1419 et 530 sont intéressantes. Elle est divisible en deux parties C^2NH^6 et CO^2H, dont les nombres s' d'électrons activables sont 13, 19, 25 et 11, 17, 23, d'où les nombres s' communs $12^{\pm}$, $18^{\pm}$, $24^{\pm}$. Or ν1419, qui est la fréquence la plus forte, $= 4\,d_1/3 + 2{,}3$ et $\nu 530 = d_1/2 - 1{,}2$. Les nombres 12, 18 et 24 sont vérifiés.

La valine est divisible en deux parties $(H^3C)^2CH.CH$ et $NH^2.CO^2H$, qui ont le même nombre d'électrons et les nombres s' communs 16, 24 et 32, retrouvés dans l'analyse de ν1174.

La leucine, très répandue dans le monde animal, est divisible en deux parties C^4H^9 et $C^2NO^2H^4$, dont les nombres s' d'électrons activables sont 17, 25, 33 et 19, 29 et 39, d'où les nombres s' communs $18^{\pm}$, $27^{\pm\pm}$ et $36^{\pm\pm\pm}$. La fréquence unique ν1174 confirme les deux nombres 18 et 36, mais non le nombre 27, qui, par contre, est remplacé par les deux nombres 27^{+} ou 26 et 27^{-} ou 28, qui sont vérifiés par l'analyse de ν1174.

L'acide plutanique, diacide, monoaminé et le plus important des produits d'hydrolyse de quelques protides, est divisible en deux parties


$HO.OC.H^2C.H^2C$ et $CH(NH^2).CO.OH$,

ayant le même nombre d'atomes autres que H et le même nombre d'électrons. Les nombres s', tirés de cette formule et communs aux deux parties, 19, 29 et 39 se retrouvent dans la fréquence unique ν1192.

La phénylalanine est divisible en deux parties, C^6H^5 et $H^2C.H^2N.HC.CO.OH$, dont les nombres s' sont 17, 29, 41 et 23, 33, 43, d'où les nombres s' communs $20^{\pm\pm\pm}$, $31^{\pm\pm}$ et $42^{\pm}$. L'analyse de la fréquence unique ν1174 donne les nombres s' 20, 31, 41 et 43.

La cystine, diacide, diaminée et sulfurée est divisible en deux parties $S.CH^2.CH(NH^2)$ et $CO.OH$ avec 7 atomes autres que H, l'un des atomes S ayant 5 sous-anneaux successifs, et les autres atomes seulement 3 sous-anneaux. La somme des électrons des premiers sous-anneaux dans chaque moitié est égale à 16 de $S.CH^2.CH(NH^2)$ et à 11 de $CO.OH$; or la fréquence unique ν940, analysée, offre les deux nombres 16 et 11 :

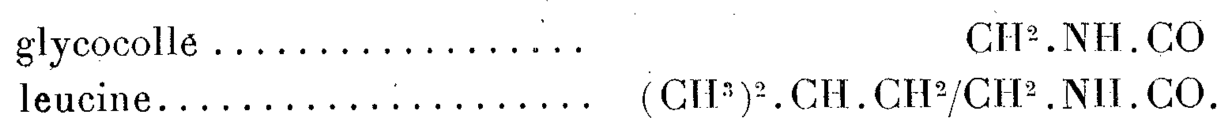
$$\nu 940 = 85\,d_1/(16 \times 6) - 0{,}7 = 107\,d_1(11 \times 11) + 0{,}4.$$

Les électrons des deux premiers sous-anneaux, dans chaque moitié, sont au nombre de 24 et de 17 et, comme avec les premiers sous-anneaux, les nombres 24

et 17 se retrouvent dans l'analyse de ν 940. L'égalité nécessaire des fréquences est réalisée autrement que dans les molécules étudiées jusqu'ici.

La tyrosine $C^9NO^3H^{11}$, acide amine à noyau aromatique, a été analysée dans la Note du 29 décembre 1941, en bon accord avec les lois du rayonnement moléculaire.

L'octodécapeptide de Fischer, constitué par la soudure de 15 molécules de glycocolle et de 3 molécules de leucine, avec élimination d'une molécule d'eau entre deux aminoacides voisins. On peut aussi admettre que cette chaîne peptidique se cyclise et forme un cercle par combinaison de ses groupes terminaux, avec perte d'une molécule d'eau. La molécule nouvelle, dont le poids moléculaire reste élevé, est constituée par 15 glycocolles et 3 leucines privées de OH^2, et qui ont les formules


glycocolle .... $CH^2.NH.CO$
leucine...................... $(CH^3)^2.CH.CH^2/CH^2.NH.CO$.

Les nombres s' d'électrons des premiers sous-anneaux des atomes dans $(CH^3)^2.CH.CH^2$ et $CH^2.NH.CO$ sont 17 et 14. Mais les tables utilisées pour l'analyse des fréquences permettent de rechercher si une même fréquence peut convenir à 17 et 14 électrons activés. Or

$$11\, d_1/(14 \times 2)(417,4) = 20\, d_1/(17 \times 3)(416,7).$$

Différence 0,70. La fréquence moyenne 417,05 est une solution. On pourrait, en partant des nombres d'électrons des trois premiers sous-anneaux, avoir un résultat analogue. Mais ce qui importe le plus, c'est d'avoir les solutions adoptées par la molécule et révélées par le spectre Raman.

II. J'examine ensuite des hétéroprotéides, mais d'une manière incomplète, car leur spectre Raman ne m'est pas connu. A noter d'ailleurs que la France, dans les cinq années de la dernière guerre, n'a pas reçu d'autres publications scientifiques que celles, peu nombreuses, émanées de l'Allemagne.

L'adrénaline $C^9NO^3H^{13}$, extrait des glandes surrénales, est divisible en $C^5O^2H^5$ et C^4NOH^8. Les premiers sous-anneaux des atomes dans les deux parties ont 23 et 23 électrons, les deux premiers sous-anneaux 37 et 35 électrons, et les trois sous-anneaux 51 et 47, d'où les nombres s' d'électrons, communs aux deux parties 23, $36^{\pm}$ et $49^{\pm\pm}$, qui sont présentés seulement comme probables.

L'acide adénylique du muscle est un nucléotide formé par l'union de l'acide orthophosphorique, d'un pentose, le ribose, et d'une base purique, l'adémine avec élimination de deux molécules d'eau. Tous les atomes ont trois sous-anneaux, sauf le phosphore qui en a cinq. Si l'on considère seulement le premier sous-anneau de tous les atomes, la somme des électrons est le nombre 25 avec

l'acide phosphorique, 29 avec le ribose et 26 avec l'adénite. L'acide phosphorique et le ribose peuvent s'unir et avoir les nombres d'électrons 29^{++} et 25^{--}, soit 27 et 27, et l'on peut rechercher si une même fréquence peut être émise par 26 et 27 électrons. En rapprochant les tables de $d_1/26$ et $d_1/27$, je constate que $d_1/104$ ou $26 \times 4\,(10{,}22) = d_1/108$ ou $27 \times 4(9{,}84) + 0{,}38$. Une fréquence multiple de 106 pourrait convenir, ce résultat étant seulement possible ou probable.

On pourrait étudier de la même manière d'autres protéines dont la constitution est bien déterminée, mais il faut attendre que leur spectre Raman soit mesuré.

III. J'ai annoncé que les 4 lois simples du rayonnement moléculaire pouvaient être la base d'une étude générale des molécules, et j'ai présenté à ce point de vue une revue spéciale des diverses classes de molécules de la Chimie inorganique et de la Chimie organique. Le résultat est net : les lois sont vérifiées sur toutes les molécules dont la constitution est connue et dont le spectre Raman est mesuré avec une précision suffisante.

Mais le nombre des molécules dont le spectre Raman est mesuré est très inférieur au nombre total des molécules connues et, pour des raisons multiples, cette recherche doit être poursuivie, mais avec le concours de nombreux savants; car, jusqu'ici, j'ai été le seul à la poursuivre. Il faut publier des tables qui assurent l'analyse rapide et facile des fréquences, appuyée sur la formule suivante de la première loi : La fréquence $\nu = q\,d_1/s'r'$, d_1 étant la constante universelle 1062,5, mesurée avec une grande précision, et s' le nombre d'électrons activés dans un atome ou groupe d'atomes par l'approche d'un autre atome ou groupe d'atomes, q et r' étant des nombres entiers. D'après la 2e loi, les électrons sont activés non un à un, mais par sous-anneaux successifs à partir de l'extérieur. La 3e loi, qui est importante, exige que les diverses parties de la molécule émettent les mêmes fréquences.

Un grand nombre de molécules, surtout organiques, sont divisées en deux parties seulement; elles sont ainsi comparables aux molécules A^2 des corps simples A; c'est un des résultats intéressants de ma recherche. D'après la 4e loi, la formule de constitution indique souvent la division en deux parties qui ont des nombres d'électrons différents, mais la différence est un petit nombre pair 2, 4, 6 ou 8. L'ionisation intérieure peut alors intervenir pour assurer l'égalité nécessaire des nombres d'électrons activés. Autrement la petite différence peut être un sous-multiple des autres nombres d'électrons, et la résonance agit alors pour réaliser l'égalité des radiations émises.

Les chimistes ont étudié surtout les actions de contact entre les atomes; mais les actions à distance et la résonance, dont l'effet est notable pendant un temps plus long, ne sont pas négligeables, et j'ai signalé que la résonance apportait une explication simple au rôle important de la catalyse. Le corps

catalysé se forme quand il a les mêmes fréquences ou simplement les mêmes nombres s' d'électrons activables que le catalyseur.

Les quatre lois ont été vérifiées sur des molécules très diverses, molécules ordinaires et leurs isotopes, complexes, combinaisons métalliques non conformes aux règles de valence. Les molécules très lourdes, hétéroprotéines et colloïdes, sont les seules dont l'étude est encore très incomplète.

L'étude physique des molécules a, sur plusieurs points, une importance comparable à celle de leur étude purement chimique. Elle a été poursuivie en dehors de toute théorie, par le simple rapprochement des faits.

Finalement, il est probable que toutes les molécules sont en accord avec les quatre lois, en exceptant toutefois quelques molécules peu stables des animaux à température constante [1].

La Note suivante sera consacrée à la catalyse et surtout à la catalyse négative.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode de perfusion avec du sang circulant. Techniques. Applications.* Note de MM. **Léon Binet** et **M. Burstein**.

Nous avons eu l'occasion, au cours de ces dernières années, de mettre au point une nouvelle technique de perfusion avec du sang circulant qui nous a permis d'aborder divers problèmes concernant la régulation du tonus vasculaire au niveau et de la grande et de la petite circulation. Nous présentons dans cette Note la technique que nous avons utilisée pour explorer le tonus vasculaire au niveau de la patte postérieure chez le chien. Nous avons expérimenté sur des animaux de 8 à 12^{kg}, endormis au chloralose, et dont le sang avait été rendu incoagulable par injection intraveineuse d'héparine ou de moranyl. La patte postérieure gauche était perfusée avec l'appareil de Jouvelet, qui était relié, par l'intermédiaire de deux canules, d'une part avec le bout central de l'artère sous clavière gauche et, d'autre part avec le bout périphérique de l'artère iliaque externe gauche. Par la première de ces canules l'appareil aspire le sang artériel, et par la deuxième il le lance dans la patte postérieure gauche; le débit de l'appareil étant, bien entendu, constant, réglable par l'expérimentateur, indépendant de la pression artérielle générale. Ce sang, après avoir irrigué la patte, revient par la veine fémorale dans la circulation générale. On a ainsi à sa disposition un réservoir de sang artériel inépuisable. Notons que le sang, avant d'atteindre la patte, ne reste en

(1) La nature a utilisé les molécules stables et peu stables pour les besoins des êtres vivants. Elle a adopté pour les animaux supérieurs la température constante qui offre de sérieux avantages. Les molécules peu stables peuvent céder une partie de leur énergie à certains organes des animaux.

dehors des vaisseaux que pendant 10-15 secondes en moyenne; la patte est donc perfusée avec un sang dont la température, sans chauffage aucun, est pratiquement celle du sang circulant.

Pour éliminer toute autre circulation au niveau de la patte explorée, nous ligaturons les deux artères iliaques internes, l'artère sacrée moyenne et l'artère iliaque externe droite. Enfin nous ligaturons également l'artère fémorale profonde. Pour enregistrer le tonus des vaisseaux de la patte perfusée, nous avons branché un manomètre à mercure en dérivation sur l'artère iliaque. Le débit de la perfusion étant constant, les variations du tonus se manifestent par une augmentation ou une baisse de la pression ainsi enregistrée. En effet, la circulation au niveau de la patte étant indépendante du facteur cardiaque et du facteur masse sanguine, la courbe tensionnelle traduit uniquement le tonus vasculaire au niveau de la patte.

Le débit utilisé est variable suivant les animaux; d'une manière générale il est de 35-50$^{cm^3}$ à la minute pour des chiens de 10-12^{kg}. Avec un tel débit la pression au niveau de la fémorale perfusée est pratiquement égale à la pression dans la fémorale du côté opposé.

Notons que la courbe tensionnelle est rarement une ligne droite et qu'elle offre généralement des accidents plus ou moins accentués qui traduisent les variations spontanées du tonus vasculaire au niveau de la patte. La courbe tensionnelle est beaucoup plus régulière au cours de la perfusion de la patte énervée. Nous avons exploré, en effet, les réactions vaso-motrices au niveau d'une patte énervée, l'énervation étant réalisée par section du sciatique du crural de l'obturateur et ablation de la chaîne sympathique lombaire.

Avec cette technique nous avons pu aborder l'étude des centres vaso-moteurs et préciser les effets sur la périphérie des variations tensionnelles au niveau du sinus carotidien, de l'excitation du nerf dépresseur, de l'excitation du bout central ou périphérique du vague, de l'inhalation de CO^2, de l'ablation ou de l'excitation du sympathique lombaire, ainsi que les effets de l'anoxémie et de l'hémorragie. Cette technique se prête également à l'étude des substances vaso-constrictrices ou vaso-dilatatrices qui peuvent être injectées, soit dans la circulation générale, soit directement dans la partie aspirante du caoutchouc de l'appareil de Jouvelet. Nous reviendrons ultérieurement sur les détails de nos expériences.

Les réactions vasculaires enregistrées au niveau de la patte perforée peuvent être *a priori* liées, soit à une commande nerveuse venue des centres vaso-moteurs soit au passage dans la circulation de substances vaso-motrices ou vaso-dilatatrices. Pour avoir le facteur humoral en quelque sorte à l'état pur, il suffit d'enregistrer les réactions vaso-motrices au

niveau d'une patte énervée, suivant la technique que nous avons indiquée plus haut. Pour bien dissocier les deux effets, nerveux et humoral, il est toutefois préférable de perfuser la patte postérieure gauche d'un chien A

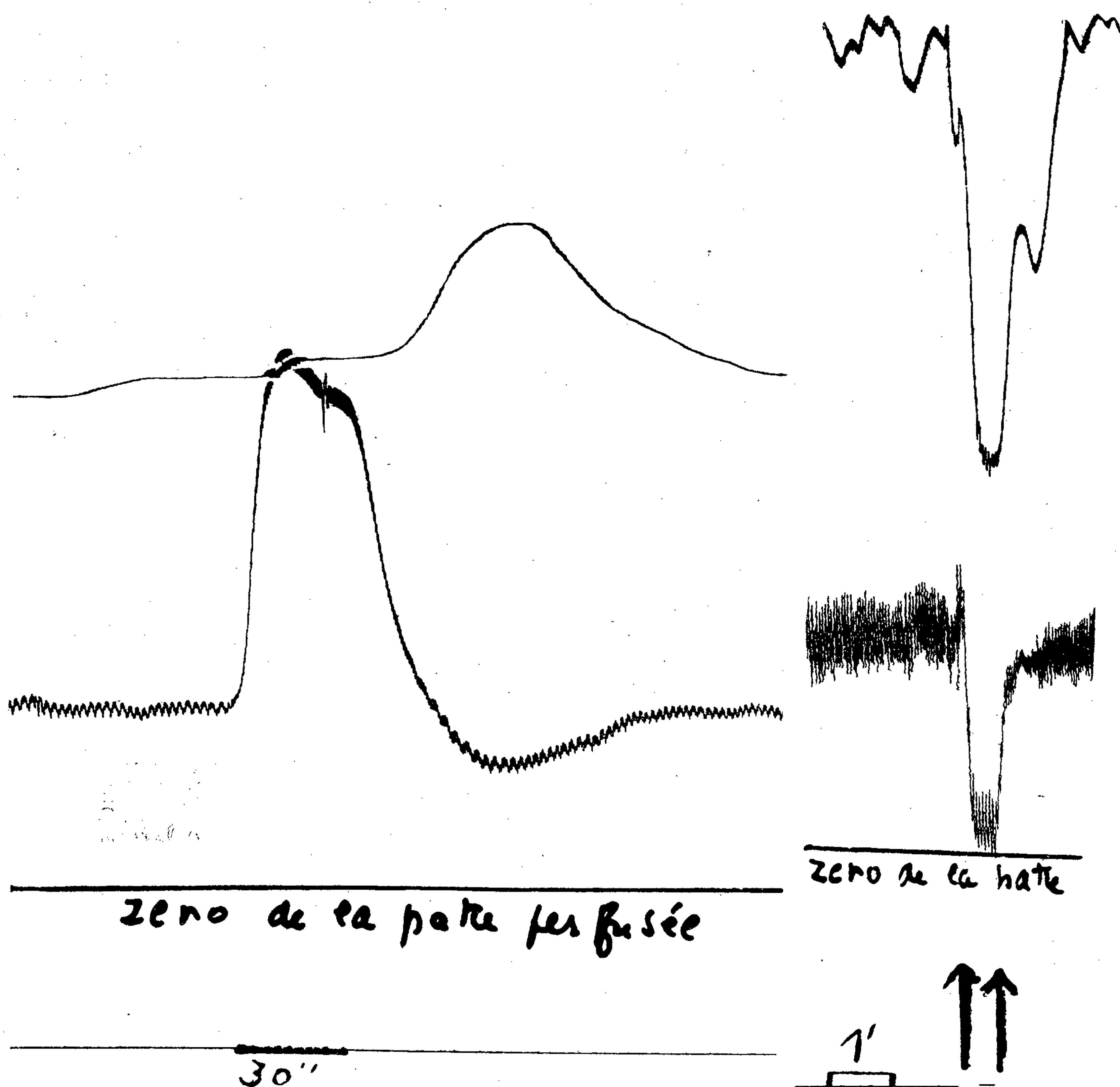


Fig. 2. Fig. 1.

Fig. 1. — Chien de 12^{kg}, patte isolée, innervation intacte. Le tracé inférieur est celui de la pression carotidienne, le tracé supérieur traduit la pression de la patte irriguée. Traction d'une artère carotide. Hypotension générale et vaso-dilatation de la patte.

Fig. 2. — Chien de 12^{kg}, patte énervée. En bas, tracé de la pression artérielle du corps. En haut, la pression dans la patte, excitation du bout central du nerf vague sectionné au cou, génératrice d'hypertension générale. Vaso-constriction tardive de la patte énervée.

avec le sang artériel d'un autre chien B, l'appareil de Jouvelet étant lié non pas à l'artère sous-clavière du chien A, mais à l'artère fémorale du chien B, l'équilibre circulatoire entre les deux animaux étant rétabli par un deuxième Jouvelet. Dans ces conditions on peut dissocier les effets

périphériques d'une drogue ou d'une agression quelconque, de ses effets centraux. En agissant sur le chien A on a une réponse purement centrale, tandis qu'en agissant sur le chien B on a la réaction périphérique. On peut ainsi explorer le comportement des centres au cours du choc histaminique, anaphylactique ou transfusionnel, dissocier ce qui revient à l'adrénalino-sécrétion et ce qui revient à l'excitation des centres vaso-moteurs au cours de l'hypertension asphyxique ou au cours de l'hypertension engendrée par l'excitation du bout central du vague ou par l'occlusion des carotides. Nous avons étudié plus particulièrement les réactions vasculaires, d'origine nerveuse ou humorale, au cours de l'hémorragie expérimentale. Nous reviendrons sur nos résultats dans une Note ultérieure. Les graphiques ci-dessus illustrent les applications de cette technique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Élisabeth Jérémine et Maurice Nicklès. *Note préliminaire sur les roches éruptives et métamorphiques recueillies par* F. Jacquet *dans le Sahara occidental.* Extrait du *Bulletin* nº 6, *du Service des Mines de l'A. O. F.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations au sujet des phénomènes lumineux et calorifiques qui accompagnent la détonation de la* bombe atomique. Note de M. **Henri Muraour**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Les rares observateurs qui ont pu assister à l'explosion de la bombe atomique sont unanimes à signaler une luminosité extrêmement intense et aussi, même à grande distance, des effets calorifiques remarquables.

Il nous paraît très probable que ces effets doivent être attribués non seulement aux produits de désintégration de la substance utilisée (uranium ?) mais aussi, et peut-être surtout, *à l'onde de choc créée dans l'air environnant, au moment de l'explosion de la bombe.*

Dans plusieurs Notes présentées à l'Académie, en collaboration avec M. Michel-Lévy, nous avons antérieurement montré qu'en utilisant des explosifs ordinaires (mélange de tétranitrométhane et d'un carbure ou bien hexogène) il est possible de créer des ondes de choc d'une puissance telle que l'étude de la répartition énergétique dans le spectre indique, si l'onde est créée dans l'argon, une température *corps noir* d'environ 35 000°. En fait et en n'opérant qu'avec 1^g d'explosif, nous avons réussi à obtenir des éclairs lumineux très brefs (d'une durée d'environ 4 millioniémes

de seconde), mais dont l'intensité lumineuse atteint plusieurs centaines de millions de bougies. Dans l'air l'intensité lumineuse est plus faible mais encore considérable. Si de tels résultats ont pu être obtenus avec 1^g d'un explosif ordinaire quelle peut être l'intensité lumineuse et calorifique de l'onde de choc produite au moment de l'explosion de la bombe atomique !

La température atteinte dans cette onde, et par suite le rayonnement lumineux et calorifique, doit dépasser certainement tout ce que nous pouvons imaginer et tout ce qu'il a été possible jusqu'ici d'observer sur notre sphère terrestre.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la réactivité des molécules organiques.* Note (1) de M. **Raymond Daudel** et de Mme **Alberte Pullman.**

La Mécanique broglienne permet d'évaluer la charge électronique qui existe en chaque point d'une molécule, et plus particulièrement celle qui est due aux électrons π. On admet généralement qu'une région de la molécule est d'autant plus réactive que sa charge en électrons π est plus grande. Nous voulons préciser ici les différents types de réactivité que l'on doit s'attendre à trouver selon la nature de la région chargée.

•	désignera un sommet de charge nulle;		
○	»	comprise entre	0 et 0,75 e;
|	»	»	0,75 et 0,100 e;
●	»	»	0,100 et 0,150 e;
◉	»	supérieure à	0,150 e;
——	désignera une liaison de charge nulle;		
┄┄	»	comprise entre	0 et 1 e;
▬▬	»	»	1 et 1,5 e;
══	»	supérieure à	1,5 e.

L'existence dans une molécule :

1° d'un sommet chargé entraîne des possibilités d'addition d'atomes sur ce sommet et des possibilités de substitution. (Exemple : sommet α du naphtalène, qui se prête facilement aux substitutions et sommets 1 et 4 des composés diéniques, qui fixent l'hydrogène naissant);

2° de deux sommets chargés permet, en plus des réactions précédentes, des possibilités d'addition d'une molécule sur les deux sommets à la fois (fixation d'oxygène sur les deux sommets mésos de l'anthracène par exemple);

3° d'une liaison chargée entraîne des possibilités d'addition de molécules.

Les régions chargées des molécules peuvent se classer en différents types :

---

(1) Séance du 25 juin 1945.

a. Les liaisons éthyléniques pures ne possédant pas de charge à leur extrémité ═══ et qui donnent surtout des réactions d'addition très faciles.

b. Les liaisons éthyléniques activées, qui portent une charge en un de leurs sommets ═══●. Elles peuvent alors fixer très aisément des atomes en leur sommet actif (cas des liaisons diéniques).

c. Les liaisons éthyléniques activées qui portent une charge en leurs deux sommets ●═══●. Leur aptitude à l'addition des molécules est alors considérablement accrue (liaisons philodiéniques). Elles peuvent de plus fixer aisément des atomes libres en leur sommet actif.

d. Les liaisons aromatiques pures o┈┈┈o. Portant une faible charge en leur centre elles sont peu aptes aux additions. Les sommets légèrement chargés se prêtent à des substitutions d'ailleurs difficiles (benzène).

e. Les liaisons aromatiques activées en leur centre sans que les sommets soient sensiblement plus chargés. Les additions sont alors plus faciles (liaison $\alpha\beta$ du naphtalène qui fixe H^2).

f. Les liaisons aromatiques activées en un ou en leurs deux sommets ●┈┈┈, ●┈┈┈●. Elles se rencontrent rarement. Les premières devraient pouvoir mieux substituer et additionner les atomes mais, ne pas mieux additionner les molécules. Les autres devraient pouvoir mieux se prêter aux substitutions et aux additions de toute sorte.

g. Les liaisons aromatiques activées en leur centre et en un sommet ●▬▬▬. Additions et substitutions sont alors facilitées.

h. Les liaisons aromatiques activées en leur centre et en leurs deux sommets ●▬▬▬●. Additions et substitutions deviennent alors très faciles. Ces liaisons constituent des zones très réactives des molécules aromatiques. L'un de nous a émis l'hypothèse qu'elles pourraient être à l'origine du pouvoir cancérigène de certains hydrocarbures ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des substances antibactériennes de synthèse*. Note de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

On connaît à l'heure actuelle plusieurs substances de synthèse dont le pouvoir antibactérien atteint l'ordre de grandeur de celui des composés naturels du type de la pénicilline. Le dibenzo-3.4.5.6 carbazole, par exemple, est bactériostatique vis-à-vis du staphylocoque à une concentration de $0{,}3 \times 10^{-6}$; la trypaflavine agit sur le gonocoque à la concentration de $0{,}2 \times 10^{-7}$. Mais ces composés possèdent *in vivo* une action nulle ou très faible, et des recherches plus poussées dans ce domaine semblaient désirables. Récemment, R. Kuhn,

---

([2]) A. Pullman, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 888.

Birkofer et Möller [1] ont montré que le salicile, et surtout son dérivé dibromé (I) et (II) ont une activité considérable contre le staphylocoque ($1,2 \times 10^{-6}$ pour le dernier); d'autre part j'ai pu constater [2] que la chloro-2 hydroxy-3

(I)

(II) R = Br; (III) R = Cl

naphtoquinone-1.4 est nocive pour le bacille tuberculeux à des concentrations inférieures à $0,5 \times 10^{-4}$, le remplacement du chlore par un brome semblant diminuer cette action. Le parallèle entre les deux séries de travaux suggère évidemment l'examen des propriétés du dichloro-salicile (dihydroxy-2.2′ dichloro-5.5′ benzile) (III). J'ai pu préparer ce corps par une suite de réactions classiques : transformation du méthoxy-2 chloro-5 benzaldéhyde (IV) en diméthoxy-2.2′ dichloro-5.5′ benzoïne (V) au moyen du cyanure de potassium, oxydation de (V) en diméthoxy-2.2′ dichloro-5.5′ benzile (VI) par la liqueur de Fehling et déméthylation de (VI) en (III) par Cl^3Al :

(IV) $\xrightarrow{KCN}$ (V) $\xrightarrow{-H^2}$ (VI)

Conformément à mon attente ce corps possède un pouvoir antibactérien intense vis-à-vis du staphylocoque, supérieur même à celui du dibromo-salicile de Kuhn, et laissant loin derrière lui celui des divers sulfamides. Au cours de mes recherches j'ai été amené à préparer également quelques autres dérivés nouveaux du benzile, les diéthoxy- et dibutoxy-2.2′ benziles (VII) et (VIII),

(VII) $R = C^2H^5$; (VIII) $R = C^4H^9$.

(IX) $R = C^2H^5$; (X) $R = C^4H^9$.

le diéthoxy-2.2 dibromo-5.5′ benzile (IX) et le dibutoxy-2.2′ dibromo-5.5′ benzile (X). Ces corps, chez lesquels la fonction phénol est bloquée, sont très peu bactéricides.

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, **76**, 1943. p. 900.

(2) J. Jouin et Buu-Hoï, *Annales Inst. Pasteur* (Paris), sous presse; j'ai observé que la chloro-2 hydroxy-3 naphtoquinone est également un fongicide puissant, agissant par exemple sur la Carie du blé à des concentrations inférieures à 1×10^{-5}, en solution aqueuse (sel de Na).

Partie expérimentale. — 1° *L'éther éthylique du salicylaldéhyde*, servant à préparer la *diéthoxy*-2.2′ *benzoïne*, est déjà connu. Je l'ai préparé en faisant bouillir 12 heures un mélange de 30g de salicylaldéhyde, 15g de potasse et 100g d'iodure d'éthyle dissous dans l'alcool. La *diéthoxy*-2.2′ *benzoïne* ($C^{18}H^{20}O^4$) s'obtient en faisant bouillir 5 heures une solution hydroalcoolique de 20g de l'aldéhyde précédent et de 3g de KCN. On verse dans l'eau, extrait la couche huileuse à l'éther, sèche sur SO^4Na^2, évapore l'éther, et distille le résidu. Le corps cherché est une huile jaune pâle, distillant à 205-207° sous $1^{mm},4$ et cristallisant en aiguilles incolores, F 70° — 2° (VII) $C^{18}H^{18}O^4$; le corps précédent (rendement 12g) est dissous dans l'alcool à 70° bouillant et traité par la liqueur de Fehling en léger excès : par refroidissement le composé cherché cristallise. On l'essore, le lave à l'eau, et le recristallise dans l'alcool, ce qui donne des aiguilles incolores, F 159°, ou des paillettes nacrées (de l'acide acétique) brillantes, très solubles dans le chloroforme, et donnant une coloration jaune intense avec SO^4H^2. — 3° (IX) $C^{18}H^{16}O^4Br^2$: 3g de (VII) sont dissous dans 50^{cm^3} d'acide acétique pur, et l'on ajoute goutte à goutte 1^{cm^3} de brome; on laisse reposer une heure et essore le précipité formé, qui cristallise ensuite de l'acide acétique en prismes incolores F 231-232°. SO^4H^2 colore en jaune vif. — 4° *Éther n-butylique du salicylaldéhyde*, $C^{11}H^{14}O^2$ obtenu en chauffant 18 heures 30g d'aldéhyde salicylique et 18g de KOH avec 100g d'iodure de *n*-butyle; c'est un liquide incolore, d'odeur fleurie agréable, $É_{20}$ 158° (rendement 28g). La *semicarbazone* correspondante $C^{12}H^{17}O^2N^3$ se forme instantanément à froid, et cristallise de l'alcool dilué en longues aiguilles soyeuses incolores, très solubles à chaud, F 180°. — 5°(IV) $C^8H^7O^2Cl$: s'obtient en traitant (à 80°) une solution d'aldéhyde chloro-5 salicylique (déjà connu) dans la potasse hydroalcoolique par le sulfate de méthyle. Cristallise très facilement en prismes rectangulaires volumineux incolores d'odeur pénétrante, F 81° (de l'alcool), $É_{15}$ 152°. La *semicarbazone* correspondante $C^9H^{10}O^2ClN^3$ se forme instantanément, et cristallise de l'alcool (peu soluble) en belles paillettes brillantes incolores F 238-240°, se transformant par la chaleur en *diméthoxy*-2.2′ *dichloro*-5.5′ *benzaldazine* $(C^6H^3)(Cl)(OCH^3){-}CH{=}N{-}N{=}CH{-}(OCH^3)(Cl)C^6H^3]$, $C^{16}H^{14}O^2Cl^2N^2$, cristallisant de l'alcool en prismes jaune pâle, F 192-193°. — 6° *Dibutoxy*-2.2′ *benzoïne* $C^{22}H^{28}O^4$, huile jaune pâle $É_{1,4}$ 225°, donnant une coloration jaune avec SO^4H^2. — 7° (VIII) $C^{22}H^{26}O^4$: belles paillettes nacrées incolores, très solubles dans l'alcool, le chloroforme, et fondant à 86°. — 8° (X) $C^{22}H^{24}O^4Br^2$: obtenu en ajoutant 1^{cm^3} de brome à une solution acétique de 3g de (VIII); belles aiguilles soyeuses incolores, brillantes, assemblées en paillettes peu solubles dans l'acide acétique, F 148°. — 9° (VI) $C^{16}H^{12}O^4Cl^2$: l'action de KCN sur l'aldéhyde (IV) conduit à une huile visqueuse (V) n'ayant pas cristallisé, et qu'on oxyde telle quelle par la liqueur de Fehling. Après cristallisation dans l'alcool (peu soluble), on a de fines aiguilles incolores, F 209° très solubles dans le chloroforme. — 10° (III) $C^{14}H^8O^4Cl$: 5g de (VI) dissous dans 200g de nitrobenzène, sont traités par 50g de Cl^3Al à 70° pendant 12 heures. On décompose par la glace et ClH, dilue au benzène, épuise la couche organique par la soude à 10 % à deux reprises, acidifie les liqueurs alcalines par ClH, enlève le produit précipité par épuisement au chloroforme. Le chloroforme évaporé, dépose des cristaux qui sont dissous dans l'acide acétique chaud. Par refroidissement, il se sépare de belles aiguilles courtes, dures, jaune citron, F 197° (en devenant orangé), solubles dans les alcalis aqueux en jaune, peu solubles dans l'alcool, l'acide acétique.

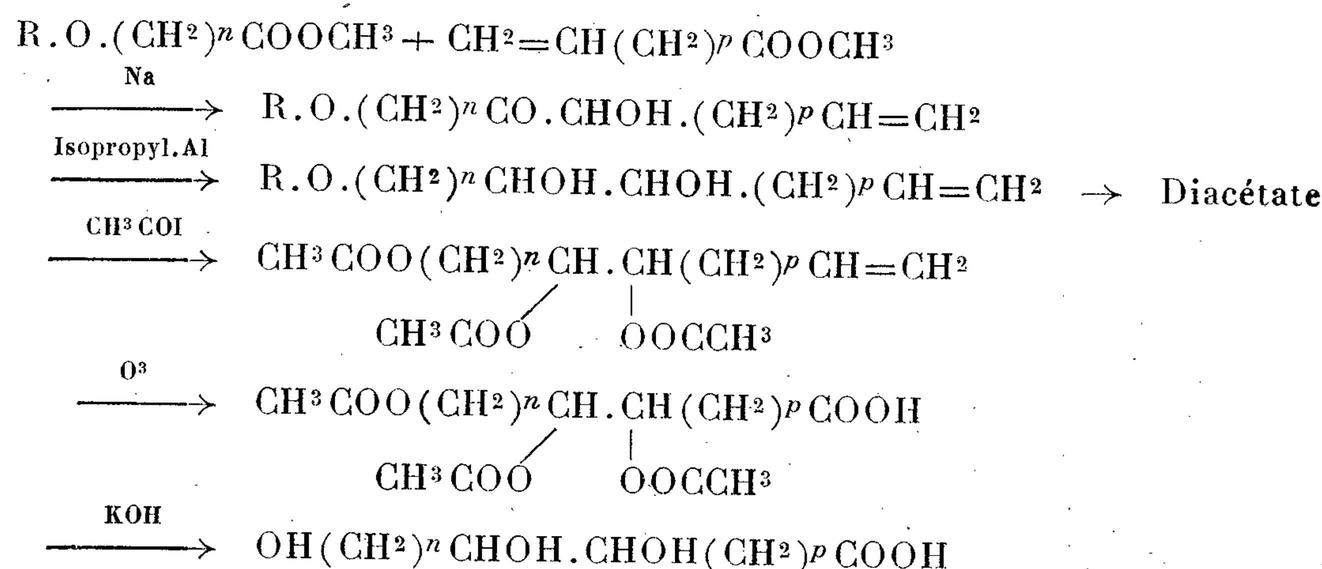
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses totales d'acides gras trihydroxylés et de lactones macrocycliques éthyléniques.* Note de M. **Pierre Baudart**, présentée par M. Marcel Delépine.

La méthode de synthèse d'acides gras éthyléniques que nous avons récemment mise au point ([1]) a été généralisée et étendue à la préparation de molécules plus complexes : acides trihydroxylés (acide aleuritinique ou héxadécane triol-9.10.16 oïque), acides-alcools éthyléniques (acide ambrettolique ou héxadécène-7 ol-16 oïque) et lactone correspondante (ambrettolide).

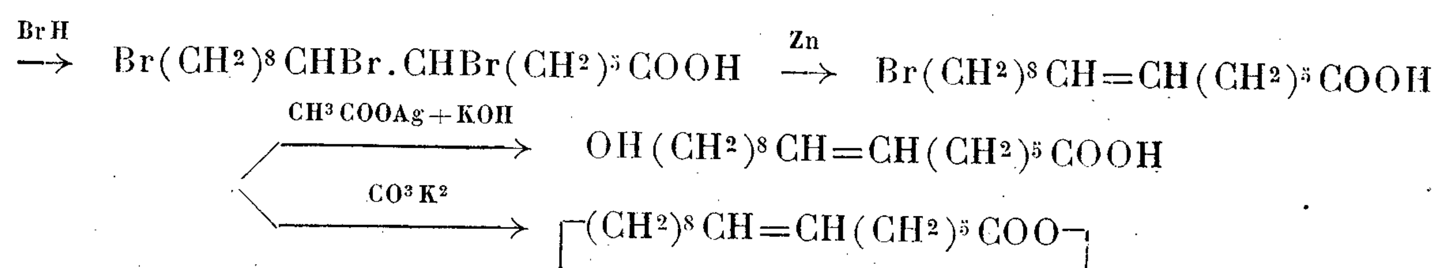
L'acide âleuritinique, l'un des constituants de la gomme-laque ([2]), prend un renouveau d'intérêt depuis la récente synthèse de la civettone par H. Hunsdieker ([3]), dans laquelle cet acide sert de matière première. Ainsi l'ensemble des deux travaux peut constituer une synthèse totale de la civettone.

L'acide ambrettolique, non encore préparé par synthèse, est intéressant par sa lactone, qui est le constituant à odeur musquée de certaines huiles essentielles végétales (ambrette) ([4]).

La suite des opérations se schématise ainsi :



A ce stade, on a l'acide âleuritinique, si $n=6$ et $p=7$. Une suite d'opérations convenables conduit à l'acide ambrettolique et à l'ambrettolide avec $n=8$ et $p=5$:



([1]) Baudart, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 404.
([2]) Nagel, *Ber. d. chem. Ges.*, **60**, 1927, p. 605.
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, **76**, 1943, p. 142.
([4]) Kerschbaum, *Ber. d. chem. Ges.*, **60**, 1927, p. 902.

a. Acide aleuritinique ($C^{16}H^{32}O^{5}$). — Les esters ω-éthyléniques et ω-éther-oxyde nécessaires se préparent comme dans nos travaux précédents ([1]).

Méthoxy-1 heptadécène-16 diol-6.7 ($C^{18}H^{36}O^{3}$). — L'acyloïne est préparée suivant la technique de Hansley ([5]), par action de Na sur le mélange d'esters dans le xylène. La réduction s'effectue par l'isopropylate d'Al. Les diols α et β sont séparés par cristallisation dans $CHCl^{3}$.

Triacétate de l'heptadécène-16 triol-1.6.7 ($C^{20}H^{40}O^{6}$). — Les précédents sont chauffés avec un excès d'anhydride acétique; puis les diacétates sont traités par 1 mol. d'iodure d'acétyle et 1 mol. environ de chlorure d'acétyle en présence d'une trace de $Cl^{2}Zn$ anhydre. Le tout est chauffé 10 minutes au bain-marie. Après reprise par l'eau glacée et extraction à l'éther, les triacétates sont rectifiés sous pression réduite.

Hexadécane triol-9.10.16 oïque. — Les précédents sont oxydés par l'ozone, puis par $MnO^{4}K$ en milieu acétique. Les produits acides obtenus sont saponifiés par KOH alcoolique et cristallisés dans l'acétate d'éthyle

β, F 131-132°, α, F 102-104° (Acide aleuritinique).

b. Acide ambrettolique ($C^{16}H^{30}O^{3}$) *et ambrettolide* ($C^{16}H^{28}O^{2}$). — Les opérations se poursuivent d'une manière identique jusqu'à l'hexadécane triol-7.8.16 oïque

β, F 135-136°, α, F 103-104°.

Bromo-16 hexadécène-7 oïque ($C^{16}H^{29}O^{2}Br$). L'acide triol est traité par un excès de BrH dans l'acide acétique à 80-100° et les deux halogènes vicinaux de l'acide tribromé sont enlevés par Zn en poudre dans le méthanol.

Lactone. — Le mélange d'une partie des dérivés α et β obtenus est traité suivant la méthode de Hunsdieker et ses collaborateurs ([6]) par ébullition en milieu très dilué dans la méthyléthylcétone en présence de $CO^{3}K^{2}$. On obtient la lactone à odeur musquée intense. $É_{3}$ 170° environ.

Hexadécène-7 ol-16 oïque. — L'acide éthylénique ω-bromé est traité à l'ébullition par un excès d'acétate d'argent dans l'acide acétique, puis saponifié par KOH alcoolique

β, F 26-27° (acide ambrettolique), α, F 53-55°.

Dans chaque cas on aboutit à deux composés inactifs. Le composé à bas point de fusion correspond toujours au produit naturel.

Des Mémoires détaillés paraîtront dans un autre Recueil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action du periodate de sodium sur l'albumine d'œuf et la gélatine*. Note de M. **Pierre Desnuelle** et Mlle **Suzanne Antonin**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'apparition de formol au cours de l'oxydation periodique d'une chaîne polyhydroxylée ou aminohydroxylée, réglée par deux conditions restrictives (présence de deux fonctions —OH ou —OH et $—NH^{2}$, en α; nature primaire de l'une des fonctions), donne de précieuses indications sur la

---

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2303.

([6]) Hunsdieker, Erlbach et Vogt, B. F. 839188, *Chem. Zentr.*, 1939 II, p. 2481.

structure de cette chaîne; on en a déjà tiré profit pour certains sucres et pour le nouvel aminoacide récemment isolé de la gélatine : l'hydroxylysine [1].

Une étude analogue ne semble pas avoir été effectuée sur les protéines; elle est pourtant intéressante car on peut penser, *a priori*, que ces substances sont susceptibles de donner du formol sous l'influence des periodates par scission soit des chaînes latérales apportées par la sérine et l'hydroxylysine, entre leurs fonctions —OH et —NH^2 en α, soit des chaînes sucrées entre leurs carbones 5 et 6 (ou 4 et 5). Remarquons d'ailleurs que la sérine, incluse dans un édifice polypeptidique, ne donnera naissance à du formol que si, se trouvant en bout de chaîne, sa fonction —NH^2 est libre. Mais cette situation est peu probable, surtout dans les protéines qui ne contiennent qu'un nombre restreint de chaînes polypeptidiques [2]. On peut supposer, au contraire, que la 2ᵉ fonction —NH^2 de l'hydroxylysine, comme la fonction amine en ε de la lysine, n'est pas impliquée dans les liaisons intra-peptidiques. Les chaînes latérales qu'apporte cet aminoacide aux protéines pourront donc, avant toute hydrolyse, donner du formol si leurs fonctions δ et ε ne sont pas masquées ou engagées dans des liaisons entre polypeptides.

Nous donnons, au cours de la présente Note, les premiers résultats obtenus à cet égard avec l'albumine d'œuf et la gélatine en utilisant les conditions d'oxydation et la méthode de microdosage colorimétrique du formol déjà décrites par nous [3]. Tous les essais-témoins utiles ont été effectués.

L'albumine d'œuf [*cristallisée quatre fois d'après M. Sorensen* [4]] flocule presqu'immédiatement sous l'action du periodate, mais il n'apparaît aucune trace dosable de formol, que l'opération soit conduite avec ou sans agitation. Il y a donc lieu de fixer à moins de 0,05 la fraction de molécules de formol à laquelle 1^{mol} de cette protéine (35 000) donne naissance.

La gélatine (*Coignet Médaille d'or, Médaille d'or* nº 1, *qualité* A), contrairement à la précédente, ne flocule pas, mais le nombre de molécules de formol apparues, rapporté à 35 000 de protéine est, cette fois, de $2^g,11$ (moyenne de six déterminations). Si, toutefois, on acétyle préalablement la gélatine par le cétène, afin de bloquer ses fonctions —NH^2 libres sans

---

(1) D. D. Van Slyke, A. Hiller, R. T. Dillon et D. A. Mac Fadyen, *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, 38, 1938, p. 548.

(2) A. Chibnall, *Nature*, 1942, p. 548.

(3) P. Desnuelle, S. Antonin et M. Naudet, *Bull. Soc. Chim. biol.* (*Trav.*), 26, 1944, p. 1168.

(4) *Biochem. Zeits.*, 269, 1934, p. 271.

atteindre ses —OH, il ne se produit plus de formol. C'est donc à côté d'un —NH^2 libre de la protéine qu'a lieu la rupture génératrice de formol.

Ces résultats expérimentaux appellent les deux remarques suivantes :

1° L'on sait que toutes les chaînes sucrées constituant le polysaccharide de l'albumine d'œuf sont engagées dans des combinaisons glycosidiques ([5]). Il n'est donc pas étonnant qu'aucune d'elles ne livre de formol sous l'action du periodate, les liaisons glycosidiques stabilisant leur pont d'oxygène 1.5 ([6]). Les choses semblent se passer de manière analogue pour la gélatine, car nous avons montré que le formol auquel elle donne naissance ne provient pas d'une scission entre deux —OH.

2° Les quantités de formol libérées de la gélatine permettent de calculer, pour cette protéine, une teneur en hydroxylysine de 0,95 % [valeur déterminée après hydrolyse par van Slyke ([7]) : 0,85 %]; par nous-mêmes : 0,9-1,0 %. Le fait que l'albumine d'œuf ne produise pas de formol est, d'autre part, à rapprocher de l'absence pratiquement totale de l'hydroxylysine dans ses hydrolysats ([7]). La formation de cet aldéhyde nous paraît donc devoir être attribuée à la rupture des chaînes latérales de l'hydroxylysine, ses fonctions —OH et —NH^2 (δ et ε) étant, dans la gélatine, complètement libres. Elle incite par ailleurs à penser que ce nouvel aminoacide fait réellement partie de la molécule de gélatine et qu'il n'est pas, comme on aurait pu le penser, un artefact prenant naissance au cours de son hydrolyse.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

([5]) A. Neuberger, *Biochem. Journ.*, 32, 1938, p. 1945.

([6]) J. Hérissey, P. Fleury et M. Joly, *Journ. Pharm. Chim.*, 20, 1934, p. 149; P. Fleury et J. Courtois, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 366.

([7]) D. D. Van Slyke, A. Hiller et D. A. Mac Fadyen, *Journ. biol. Chem.*, 141, 1941, p. 681.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AOUT 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Portulacacées. Développement de l'embryon chez le* Claytonia perfoliata *Donn.* Note de M. **René Souèges**.

J'ai déjà examiné, il y a quelques années ([1]), l'embryon du *Portulaca oleracea* L. Chez cette espèce les lois du développement se sont montrées, dans leurs traits essentiels, identiques à celles qui avaient été établies au sujet d'une plante de la famille des Primulacées, le *Samolus Valerandi* L., et tout à fait différentes de celles qui avaient été jusqu'alors observées chez les Centrospermées. Il importait de savoir si des conclusions aussi imprévues avaient un caractère exceptionnel ou pouvaient s'étendre à d'autres réprésentants de la famille des Portulacacées.

Les figures 1 à 5 montrent que, chez le *Claytonia perfoliata*, il se constitue, aux dépens du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), par bipartitions régulières, une tétrade en T (*fig.* 2), puis un proembryon octocellulaire (*fig.* 3, 4), enfin un proembryon à seize cellules (*fig.* 5), tout à fait comparables à ceux qui s'observent dans le type embryonomique du *Polygonum Persicaria* L. ([2]).

L'étage *l*, dans le proembryon hexadécacellulaire, comporte 4 cellules circumaxiales, qui, en général, prennent des cloisons tangentielles isolant extérieurement des éléments de dermatogène (*de*, *fig.* 10). Parfois, les cloisons tangentielles sont précédées de parois anticlines, à direction verticale (*fig.* 11 à d.) ou à direction horizontale (*fig.* 11 et 13 à g.). Dans les cellules intérieures qui apparaissent à la suite de ces premières divisions, s'établissent des parois verticales, rectangulaires l'une à l'autre, donnant naissance à une assise sous-épidermique peu étendue (*fig.* 13 à 19). Il est difficile de déterminer la part que prend cette assise à la construction de la partie cotylée, les limites de séparation des deux étages *l* et *l'* devenant bientôt indistinctes.

Il paraît évident que ce sont surtout les éléments fournis par l'étage *l'* qui contribuent à l'édification des cotylédons. En 5 cet étage subterminal, comme l'étage supérieur *l*, comprend quatre cellules circumaxiales; celles-ci, se segmentant verticalement, donnent une assise (*fig.* 6 à 14) qui, plus tard (*fig.* 15 à 19), subit des divisions transversales, accom-

---

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 768.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 791; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 66, 1919, p. 179.

pagnées semblent-il d'une plus grande multiplication de ses éléments dans les régions périphériques génératrices des protubérances cotylédonaires (*fig.* 19, 20, 21). La disparition de toutes limites bien tranchées entre les étages *l*, *l'* et *m*, au moment de la naissance de ces protubérances, ne permet pas de reconnaître avec précision l'origine et l'agencement des éléments cellulaires qui entrent dans la construction des cotylédons.

L'étage *m* est également constitué de quatre cellules circumaxiales dans le proembryon à 16 cellules (*fig.* 5). Elle produisent de même, par segmentations verticales, une

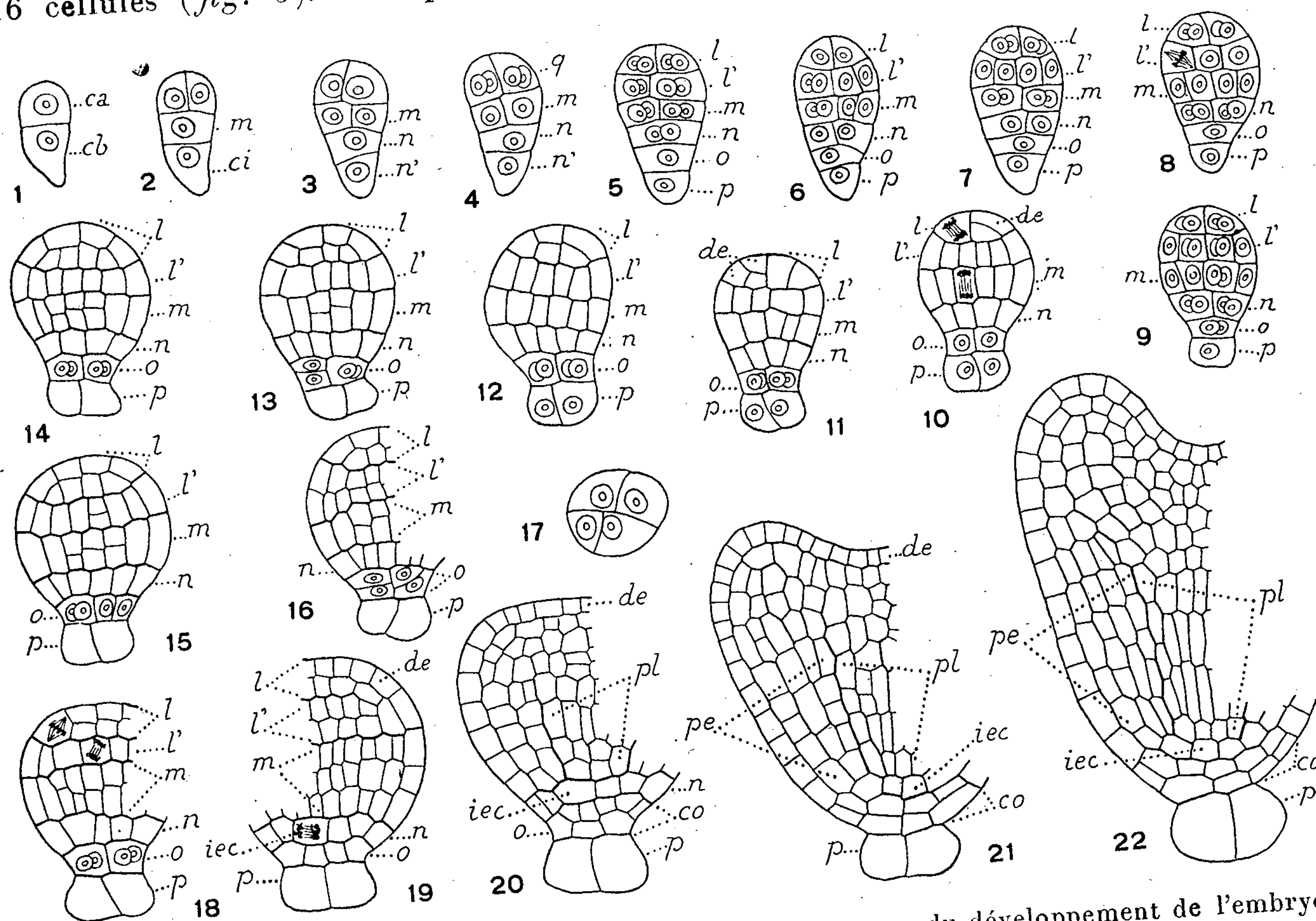


Fig. 1 à 22. — *Claytonia perfoliata* Donn. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l* et *l'*, octants supérieurs et octants inférieurs résultant de la segmentation transversale des quadrants; *o*, cellule-fille supérieure de *n'* ou portion médiane de la coiffe; *p*, cellule-fille inférieure de *n'* ou suspenseur; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe. G. = 170.

assise (*fig.* 8 à 12) dont les éléments, ceux qui sont adjacents à l'axe d'abord (*fig.* 8, 13 à 18), ceux qui sont voisins de la périphérie ensuite, se cloisonnent transversalement pour engendrer deux, puis un plus grand nombre de couches cellulaires (*fig.* 19, 20). Après ces segmentations, le dermatogène en premier lieu, le périblème et le plérome en second lieu, paraissent nettement individualisés dans cette région, qui correspond à la partie hypocotylée.

L'étage *m* ne possède que deux cellules dans le proembryon hexadécacellulaire (*fig.* 5). Ces deux éléments produisent quatre cellules circumaxiales (*fig.* 8, 9), qui, par segmentations verticales, engendrent un plateau cellulaire de huit à douze éléments dont quatre généralement sont visibles dans les coupes longitudinales (*fig.* 10, 11, 14). Les éléments les plus intérieurs, voisins de l'axe, fonctionnent comme initiales de l'écorce de la racine, les éléments périphériques contribuent à la formation des parties latérales de la coiffe (*fig.* 19, 20).

L'étage *o*, monocellulaire en 5, donne la partie médiane de la coiffe. Il produit d'abord deux (*fig.* 9), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11, 12) qui peuvent, dès maintenant, se cloisonner tangentiellement pour engendrer, vers le haut, l'assise calyptrogène, vers le bas, la couche la plus extérieure de la coiffe, mais qui, généralement, subissent de nouvelles divisions longitudinales (*fig.* 15, 19), avant de se cloisonner tangentiellement (*fig.* 20).

L'étage *p*, également monocellulaire en 5, se segmente assez tardivement (*fig.* 10); il prend les cloisons plus ou moins inclinées à direction verticale et se convertit en quatre vésicules haustoriales représentant le suspenseur. En 17 on peut voir la disposition de ces quatre vésicules en coupe transversale.

Le *Claytonia perfoliata* représente un type embryonomique qui ne peut être identifié à aucun autre. Il est un exemple fort net de *type par superposition* ([3]) : il se développe d'abord, au cours de la construction du proembryon hexadécacellulaire, selon les lois qui caractérisent l'archétype du *Polygonum Persicaria*, auxquelles viennent ensuite se substituer les lois qui servent à définir l'archétype du *Senecio vulgaris* ([4]), puisque, comme dans ce dernier archétype, *l* et *l'*, originaires des quadrants (*q*, *fig.* 4), engendrent la partie cotylée, *m* la partie hypocotylée, *n*, les initiales de l'écorce de la racine, *o*, la partie médiane de la coiffe et *p*, le suspenseur. Ce type par superposition prend, dans la première période de la classification embryogénique, une position intermédiaire entre celles des deux archétypes du *Polygonum* et du *Senecio*, voisins d'ailleurs l'un de l'autre dans cette même période. Il s'écarte profondément du type du *Portulaca oleracea*, qui se range dans la deuxième grande division du système périodique.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les réactions vasculaires d'adaptation au cours de l'hémorragie expérimentale.* Note de MM. **Léon Binet** et **M. Burstein**.

Parmi les réactions qu'entraîne une soustraction sanguine, la constriction des vaisseaux périphériques n'est pas la moins importante. Sous l'influence de l'hémorragie les artérioles se contractent et contribuent ainsi à maintenir une tension artérielle qui tendrait à s'effondrer. La constriction vasculaire au niveau d'un organe réservoir, comme la rate, détermine la mobilisation des globules rouges et réalise ainsi en quelque sorte une auto-transfusion.

En utilisant la technique de perfusion avec du sang circulant, décrite antérieurement ([1]), nous avons enregistré le tonus vasculaire de la patte chez le Chien au cours de l'hémorragie expérimentale. Le but de notre travail était de préciser le mécanisme de la vasoconstriction post-hémorra-

---

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, 2e fasc., Paris, 1939.

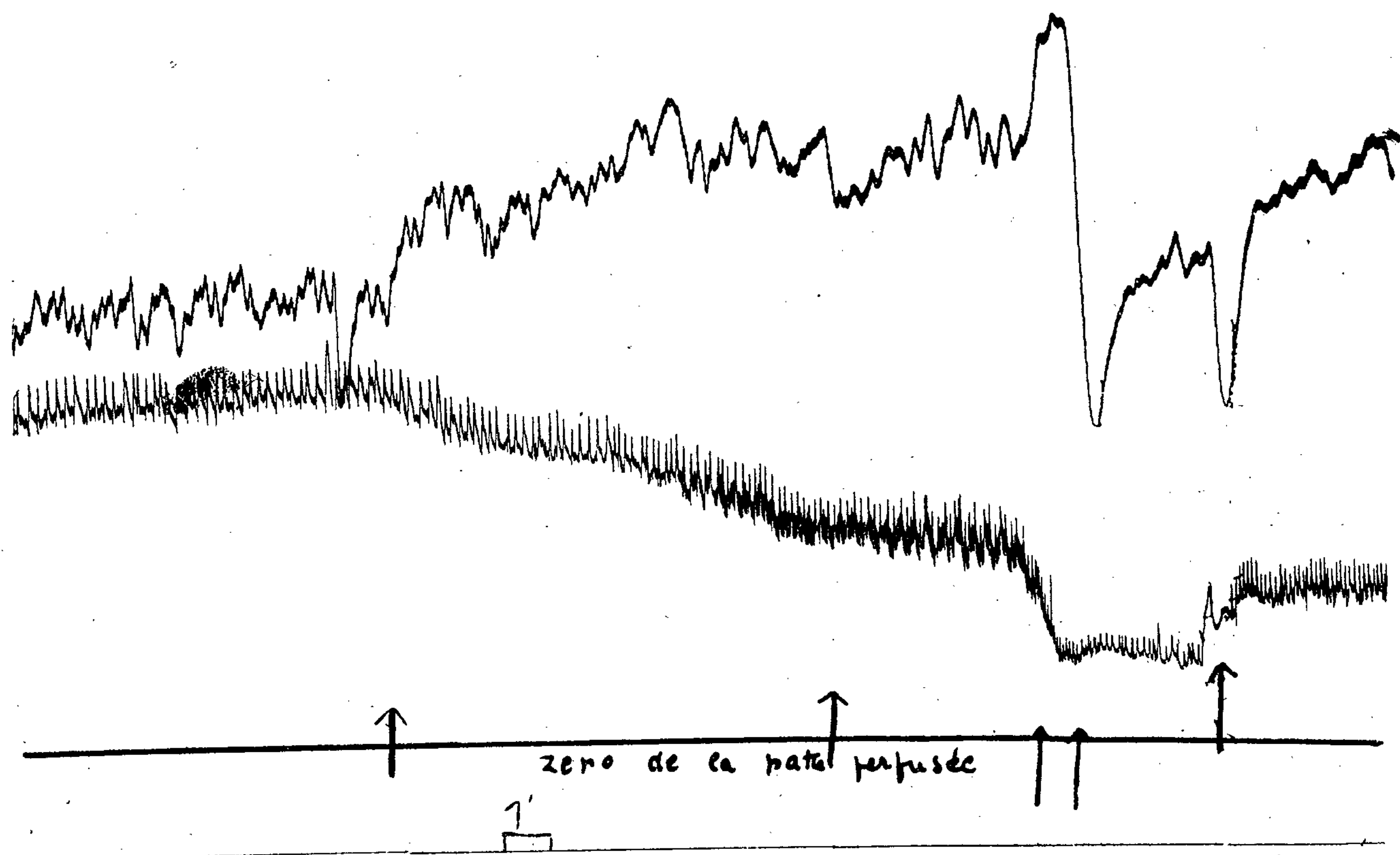
([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **171**, 1920, pp. 254 et 356.

([1]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 197.

gique et de voir si, dans les cas où cette réaction d'adaptation manquait, un traitement approprié ne la ferait pas apparaître.

Nous avons pratiqué chez des chiens de 10-12^{kg} des saignées répétées de 50 à 100^{cm^3}, ou une seule hémorragie massive, en créant ainsi un état de collapsus circulatoire plus ou moins marqué. Nous avons enregistré le tonus vasculaire, soit au niveau d'une patte dont l'innervation était intacte, soit au niveau d'une patte énervée, reliée au reste de l'organisme uniquement par voie humorale. L'énervation était réalisée par section du sciatique, du crural, de l'obturateur et par ablation de la chaîne sympathique lombaire.

Il résulte de nos expériences que même une hémorragie de faible volume détermine une vasoconstriction périphérique intense, qui s'exprime par un resserrement marqué des vaisseaux du membre perfusé (voir la figure). La



Chien de $11^{kg},500$. En bas : pression artérielle du corps (carotide). En haut : pression artérielle de la patte perfusée (débit : 37^{cm^3} par minute). Entre les deux premières flèches : hémorragie de 250^{cm^3}, hypotension artérielle et vasoconstriction au niveau de la patte. Entre les 3e et 4e flèches, une nouvelle hémorragie de 75^{cm^3} : nouvelle baisse de la tension artérielle avec cette fois vasodilatation de la patte. A la 5e flèche, injection intraveineuse de 50^{cm^3} de sang : vasoconstriction de la patte.

pression peut augmenter de 8^{cm} de Hg. Cette réaction est immédiate et elle est d'autant plus marquée que les réactions d'adaptation de l'animal sont plus parfaites. Autrement dit, elle est faible chez les animaux qui répondent par une hypotension marquée à une spoliation sanguine d'intensité moyenne et elle est, par contre, extrêmement nette dans les cas où, malgré l'importance de la saignée, l'animal maintient une pression artérielle élevée.

Quel est le mécanisme de cette vasoconstriction périphérique, qui a été bien démontrée par Pilcher et Sollmann ? D'après nos expériences il semble être double. Il est conditionné d'une part, par une augmentation du tonus des centres vasomoteurs, c'est-à-dire par une commande nerveuse, et d'autre part, par une élévation de l'adrénalinémie, c'est-à-dire par un mécanisme humoral. Nous avons constaté en effet l'existence d'une vasoconstriction post-hémorragique au niveau de la patte préalablement énervée et reliée à l'organisme uniquement par voie sanguine. Le premier de ces mécanismes prédomine de beaucoup (²).

Il est important de noter que, dans les cas où l'hémorragie est réalisée d'une manière trop massive ou trop brusque, la patte réagit peu ou ne réagit pas du tout. Dans de tels cas il suffit de corriger partiellement le déséquilibre circulatoire en rétablissant, dans une certaine mesure, la masse sanguine par injection d'un liquide approprié; cette injection fait apparaître une vasoconstriction au niveau de la patte, ainsi que le relèvement de la pression artérielle. Il semble ainsi que, dans de tels cas, la thérapeutique agit en créant les conditions nécessaires pour que les réactions d'adaptation circulatoire puissent entrer en jeu.

En résumé, nos expériences de perfusion confirment l'existence d'une vasoconstriction périphérique intense au cours des hémorragies même de faible importance. Cette vasoconstriction permet à l'animal de maintenir une pression artérielle élevée malgré la diminution de la masse sanguine.

Cette vasoconstriction peut manquer après une hémorragie trop massive ou trop brusque; dans de tels cas, il suffit de rétablir partiellement la masse sanguine pour que les réactions vasculaires d'adaptation puissent intervenir.

MICROBIOLOGIE. — *De l'influence de la chaleur sur les propriétés antagonistes des filtrats de* B. subtilis *à l'égard des bactéries pathogènes et des toxines microbiennes*. Note de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Dans des recherches qui ont fait l'objet de Notes antérieures (¹) nous avons étudié les propriétés *antagonistes* que peuvent exercer certains microbes ou les produits qu'ils excrètent dans le milieu de culture, sur divers germes pathogènes et sur différents poisons bactériens. Nous avons

(²) Notons que les vaisseaux de la patte énervée sont particulièrement sensibles à l'adrénaline. L'injection de 2 γ d'adrénaline, par voie endoveineuse, à un chien de 10^{kg} est sans effet sur la pression carotidienne, mais détermine un resserrement important des vaisseaux de la patte.

(¹) *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 543 et 801. Voir aussi notre exposé d'ensemble, *La Presse médicale*, n° 30, 1945, p. 4605, où l'on trouvera un résumé bibliographique de la question.

constaté, par exemple, qu'il suffit d'une faible proportion de filtrat de *B. subtilis* ajoutée à du bouillon nutritif pour empêcher la multiplication de germes comme le B. diphtérique, la bactéridie charbonneuse, le B. pesteux etc., qu'on y a semés et pour les priver de vie et finalement les faire disparaître par un phénomène de lyse. Nous avons constaté, en outre, que les filtrats de *B. subtilis*, préparés comme nous l'avons indiqué, sont capables d'altérer et même d'annihiler totalement la toxicité dont font preuve, *in vivo* (pouvoir léthal, pouvoir nécrotique) comme *in vitro* (pouvoir hémolytique), des toxines telles que la toxine diphtérique, la toxine staphylococcique, la toxine tétanique etc.

Nous avons entrepris de nouvelles recherches dans le but d'élucider la nature et le mode d'action du ou des principes auxquels les filtrats de *B. subtilis* doivent leur activité, nous proposant également de tirer parti des résultats obtenus en vue d'applications pratiques éventuelles.

Dans une première série d'expériences, nous avons examiné l'influence du chauffage, à différentes températures, des filtrats de *B. subtilis* sur leurs propriétés antagonistes à l'égard, d'une part, de microbes pathogènes, la bactéridie charbonneuse et le B. diphtérique en particulier et, d'autre part, de toxines, spécialement les toxines diphtérique et staphylococcique.

Nous nous sommes servis de filtrats obtenus, suivant le procédé que nous avons fait connaître dernièrement ([2]), à partir de cultures de *B. subtilis* effectuées sur milieux de composition chimique définie (milieu de Sauton etc.). Signalons à titre d'indication que le pouvoir gélatinolytique de nos filtrats est en général compris entre 1000 et 3000 unités gélatinolytiques.

Le filtrat choisi est réparti en tubes à essai, sous la volume de 15^{cm^3}. Ces tubes sont chauffés (au bain-marie ou à l'autoclave) respectivement à 55, 60, 70, 90, 110 et à 125° pendant une 1/2 heure.

Le pouvoir gélatinolytique de chacun des échantillons de filtrat, non chauffé ou chauffé aux diverses températures est évalué selon notre technique habituelle ([3]). Les résultats enregistrés dans ces expériences ont été les suivants :

	Filtrat non chauffé.	Filtrat chauffé 30 minutes à 55°.	60°.	70°.	90°.	112°.	125°.
Titres en unités gélatinolytiques..	1500	1000	10	0	0	0	0

Ces titres correspondent, comme d'ordinaire, à l'action du filtrat sur la gélatine durant 4 heures à 45°. D'ailleurs, après 8 heures, les titres demeurent pratiquement inchangés.

Pour apprécier *le pouvoir antagoniste à l'égard de la bactéridie char-*

([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 165.
([3]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 545.

bonneuse, nous avons employé la méthode que nous avons établie ([4]) et que nous rappellerons brièvement : dans des tubes renfermant 4$^{cm^3}$ de bouillon de culture, on ajoute des volumes variables de filtrat, puis 2 gouttes d'une culture de 24 heures (en bouillon) de bactéridies virulentes. On note, après 24 et 48 heures de séjour des mélanges à l'étuve à 36°, la présence ou l'absence de végétation. Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous les résultats de l'une de nos expériences.

		Filtrat non chauffé.	Filtrat chauffé 30 minutes à				
			55°.	70°.	90°.	112°.	125°.
2 cm³. Végétation après	24 heures......	—	—	—	—	—	—
	48 »	—	—	—	—	—	—
1 » »	24 heures......	—	—	—	—	—	—
	48 »	—	—	—	—	—	—
1/2 » »	24 heures......	—	—	—?	—	—?	—
	48 »	+	+	+	+	+	+?
1/4 » »	24 heures......	+	+	+	+	+	+?
	48 »	+	+	+	+	+	+
Tube de bouillon témoin sans filtrat	24 heures......	+					
	48 »	+					

Cette expérience, répétée nombre de fois, avec des filtrats de *B. subtilis* d'origine diverse, a toujours abouti à des résultats identiques ([4]). Avec le bacille diphtérique les résultats sont sensiblement différents et dans l'ensemble moins réguliers. Cette différence s'explique par les différences dans la constitution et le mode de végétation de ces deux germes microbiens.

Pour étudier l'*influence du chauffage sur la propriété que possèdent nos filtrats de* B. subtilis *de dégrader et de détruire la toxicité du poison diphtérique* par exemple, nous avons préparé des mélanges renfermant 1 partie de toxine diphtérique et 9 parties de chacun des échantillons de filtrat non chauffé ou chauffé à des degrés variés; 1$^{cm^3}$ du mélange représente, au départ, 120 doses mortelles (pour le cobaye) de poison diphtérique ([5]). Les mélanges sont portés ensuite à l'étuve à 37°. Des prélèvements sont effectués à des temps variables, les épreuves sont faites chez le cobaye. Le tableau ci-après résume les conditions et les résultats de l'une de nos expériences :

([4]) Il faut noter, dès maintenant, que l'action des filtrats non chauffés ou chauffés sur la végétation de la bactéridie s'accompagne de modifications morphologiques de celle-ci, que nous avons examinées avec le concours de A. Delaunay et que, avec lui, nous ferons connaître ultérieurement.

([5]) *Comptes rendus,* **220**, 1945, p. 801.

Mélange.	Nombre de doses mortelles de toxine diphtérique par cm^3 du mélange — avant le séjour à l'étuve.	après 48 heures.	après 5 jours.	après 10 jours.
Non chauffé	120	0	0	0
Chauffé 30 min à 55°	120	0	0	0
» 60°	120	1	0	0
» 70°	120	3	0	0
» 112°	120	8	±1	0
» 125°	120	6	±1	0
Témoin (toxine diphtérique diluée dans le milieu Sauton)	120	120	120	120

Des résultats de même ordre sont obtenus lorsque l'on fait agir les échantillons de filtrat sur la toxine staphylococcique. Dans ce cas c'est, rappelons-le, le pouvoir hémolytique qui sert de test d'épreuve.

De l'ensemble des expériences que nous venons d'exposer et d'autres analogues, il ressort que le pouvoir gélatinolytique que présentent les filtrats du *B. subtilis*, du fait de leur contenu en une diastase spéciale, la gélatinase, est complètement aboli lorsque ces filtrats ont été chauffés au préalable à 70°.

Par contre le pouvoir antagoniste de ces filtrats à l'égard de certains microbes pathogènes, comme la bactéridie charbonneuse, ne paraît guère atteint dans les conditions de nos essais même après un chauffage à 125°. pendant une 1/2 heure.

En ce qui concerne la propriété qu'offre ces mêmes filtrats de contrarier les effets de poisons microbiens tels que la toxine diphtérique, propriété que nous proposons de dénommer *antidotique* (6), on constate qu'elle diminue d'intensité lorsque les filtrats sont chauffés à des températures supérieures à 70°; cependant, si elle est réduite, elle n'a pas encore complètement disparu, même lorsque ceux-ci ont été portés à 125°, et il suffit de prolonger le séjour à l'étuve (37°) du mélange toxine + filtrat chauffé à 125° pour que, finalement, la toxicité de la dose de poison diphtérique entrant dans la constitution du mélange soit totalement annihilée (7).

Mentionnons ici, à titre de comparaison, que le pouvoir antagoniste

(6) Il n'est guère possible d'utiliser ici le qualificatif *antitoxique* car, consacré par un usage d'un demi-siècle, il s'applique presque exclusivement, en microbiologie, à la propriété des *antitoxines* de *neutraliser* les toxines correspondantes. Le néologisme *antidotique* se justifie dans le cas présent du fait que le terme *antidote* désigne une substance capable d'annihiler la nocivité des poisons soit en les *décomposant*, soit en se combinant avec eux.

(7) Signalons que le formol, à raison de $0^{cm^3},05$ pour 100^{cm^3} de filtrat, n'altère pas sensiblement, lui non plus, les propriétés antagonistes.

des solutions de *pénicilline* vis-à-vis de la bactéridie charbonneuse par exemple, déjà fortement ébranlé par leur chauffage à 70°, est détruit à 90°. D'un autre côté on sait, et nous l'avons nous-mêmes montré, que la pénicilline n'entraîne aucune altération des toxines microbiennes (*C. R. Soc. Biol.*, séance du 24 juin 1945).

Les résultats de nos expériences ayant trait à l'influence de la chaleur sur les propriétés antagonistes des filtrats et tout spécialement sur leurs propriétés antidotiques à l'égard des poisons bactériens, suggèrent quelques réflexions.

En premier lieu, il faut remarquer que les principes antagonistes de nos filtrats ne s'identifient pas avec le ferment gélatinolytique, puisque celui-ci est thermolabile, alors que les premiers sont thermostabiles, ce qui n'exclut pas d'ailleurs que, comme nous l'avons laissé supposer antérieurement, les propriétés, gélatinolytiques d'une part et antibactériennes d'autre part, puissent se développer suivant des courbes plus ou moins superposables au cours de la végétation du *B. subtilis* dans le milieu de culture.

Déjà, lorsque nous avons rendu compte de nos premiers essais en ce domaine, nous avons mis en évidence la puissance de l'action modificatrice et destructive que sont capables d'exercer, sur les poisons microbiens, de simples filtrats de cultures de germes saprophytes, tels que ceux que nous préparons à partir de semences sélectionnées de *B. subtilis*. Aujourd'hui nous attirons l'attention sur la résistance tout à fait remarquable des propriétés antibactériennes et antidotiques de nos filtrats à la chaleur. Sans doute une telle résistance semble-t-elle, de prime abord, aller à l'encontre de l'hypothèse que nous avons précédemment émise, à savoir que ces propriétés revêtent, dans leurs manifestations, un caractère diastasique. Mais n'a-t-on pas signalé à différentes reprises la thermostabilité relativement grande de certaines diastases microbiennes ? Des investigations en cours nous permettront d'apporter, sous peu, une nouvelle contribution à l'éclaircissement de cette question [8]. Contentons-nous, pour l'instant, d'enregistrer les faits de thermorésistance des propriétés antibactériennes et antidotiques des filtrats de *B. subtilis*, tout en marquant leur intérêt théorique et pratique.

---

[8] Voir par exemple Oppenheimer, *Die Fermente*, 1926, p. 1137. Voir aussi A. I. Virtanen et J. Tornanen, *Hoppe-Seyler's Zeits. f. Phys. Chemie*, **204**, 1932, p. 247. Ces auteurs ont montré que la protéinase du *B. fluorescens liquéfaciens* conserve une activité, réduite sans doute, mais encore appréciable, après un chauffage à 110° et même à 120°.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Wilhelm Reich. *The Discovery of the Orgone*. Volume I. *The function of the Orgasm. Sex-economic problems of biological energy*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur certains axiomes de la théorie des structures*. Note (1) de M. **Maurice-Paul Schützenberger**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous indiquerons dans cette Note un certain nombre de résultats relatifs aux *ois universelles* en théorie des treillis (structures, lattices), c'est-à-dire aux lois définies par une ou plusieurs égalités pour toutes valeurs des variables entre deux polynomes en $\cap$ et $\cup$ (que nous remplaçons par . et +). A chaque loi $\mathcal{U}_z$ correspond pour toute valeur de K une structure $\mathfrak{U}(K)$ homomorphe, au moyen des relations d'équivalence fournies par $\mathcal{U}_z$ au treillis *libre* $\mathfrak{U}_\infty(K)$ (cf. Whitmann, *Ann. of Mathematics*, 1941 et 1942) engendré par K générateurs (treillis de rang K). Réciproquement, à tout treillis fini $\mathfrak{u}_z$ il est possible d'attacher une loi $\mathcal{U}_z$ unique, plus forte que toutes les autres lois compatibles avec $\mathfrak{u}_z$ et telle que $\mathfrak{U}(K)$ soit finie pour toute valeur finie de K.

1° La loi distributive $\mathcal{U}_0 \rightleftharpoons a(b+c) = ab + ac$ est *la plus forte* de toutes les lois universelles non dégénérées. En effet toute loi $\mathcal{U}_z$ qui n'est pas plus faible que la loi $\mathcal{U}_0$ entraîne l'égalité de tous les éléments de $\mathfrak{U}_z(K)$. L'on pourrait se servir de ceci pour démontrer que, si un polynome de treillis libre $\mathfrak{U}_\infty(K)$ a pour valeur $\mathfrak{U}_0(K)$ un monome, il a effectivement cette valeur dans $\mathfrak{U}_\infty(K)$.

2° Il existe deux et seulement deux lois $\mathcal{U}_1$ et $\mathcal{U}_2$ *immédiatement* plus faibles que $\mathcal{U}_0$:

$\mathcal{U}_1$ est définie par

$$a_1[a_2 + a_3(a_4 + a_5)] = a_1[a_1 a_2 + a_3 a_4] + a_1[a_2 + a_1 a_3 a_4] + a_1[a_1 a_2 + a_3 a_5] + a_1[a_2 + a_1 a_3 a_5] + a_1 a_3[a_1 a_3 a_4 + a_5] + a_1 a_3[a_4 + a_1 a_3 a_5],$$

son *sous-treillis typique* est réalisé par les 5 éléments

$$\Omega = a_1 a_3, \quad x = a_3, \quad y = a_1 a_2 + a_1 a_3, \quad z = a_1(a_3 + a_1 a_2), \quad \mathcal{V} = a_3 + a_1 a_2$$

entraînant

$$xz = \Omega \subset y \subset z \subset \mathcal{V} = x + y, \qquad \Omega \subset x \subset \mathcal{V}$$

dans $\mathfrak{U}_\infty(3)$, la loi $\mathcal{U}_2$

$$a(b + ac) = ab + ac$$

---

(1) Séance du 23 juillet 1945.

et

$$a_1[a_2+a_3(a_4+a_5)] = a_1(a_2+a_3a_4)+a_1(a_2+a_3a_5) + a_1a_3(a_4+a_5)+a_1a_4(a_3+a_2a_5)+a_1a_5(a_3+a_2a_4)$$

est satisfaite par les éléments du treillis de Dedekind $\mathfrak{U}_d(3)$. Ces deux lois donnent des treillis $\mathfrak{U}_1(K)$ et $\mathfrak{U}_2(K)$ finis si leur rang K est fini.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne $\mathfrak{U}_d(K)$, déduite de la loi de Dedekind $\mathfrak{U}_d$

$$a_1[a_2+a_1a_3] = a_1a_2+a_1a_3,$$

qui pour $K \geqq 4$ est non seulement infini, mais a ses chaînes infinies comme, l'on peut l'établir facilement en considérant les expressions

$$z_{i+1} = [(z_i+a_1)a_2+a_3]a_4, \quad z_{i+1} \supset z_i, \quad z_{i+1} \neq z$$

(par réalisation convenable dans un espace projectif).

Signalons ici que toute loi strictement plus faible que $\mathfrak{U}_d$, par exemple

$$\mathfrak{U}_l : \quad a_1a_2+a_1a_3 = a_1(a_2+a_1a_3)(a_3+a_1a_2),$$

est nécessairement plus faible que $\mathfrak{U}_1$ et que toute loi plus forte que $\mathfrak{U}_d$ et différente de $\mathfrak{U}_0$ est $\mathfrak{U}_2$ ou plus faible que $\mathfrak{U}_2$.

3° Parmi les lois *comprises* entre $\mathfrak{U}_d$ et $\mathfrak{U}_2$ signalons les deux lois intéressantes $\mathfrak{U}_l$ et $\mathfrak{U}_L$, obtenues en adjoignant à $\mathfrak{U}_d$ les égalités $\mathfrak{U}'_l$ et $\mathfrak{U}'_L$; posons

$$M_{12} = M_{21} = M_{34} = a_1a_2+a_3a_4; \qquad F_{12} = F_{21} = a_1a_2+M_{13}M_{14},$$
$$\mathfrak{U}'_l \rightleftharpoons F_{12}F_{23}+F_{23}F_{31}+F_{31}F_{12} = F_{12}F_{23}F_{31} = A_4$$
$$a_2a_3+a_5a_6 = B'_1, \qquad B'_1+B'_2B'_3 = B_1;$$
$$a_3a_1+a_6a_4 = B'_2, \qquad B'_2+B'_3B'_1 = B_2;$$
$$a_1a_2+a_4a_5 = B'_3, \qquad B'_3+B'_1B'_2 = B_3;$$

par exemple

$$\mathfrak{U}'_L \rightleftharpoons \alpha = a_1a_4+a_2a_5+a_3a_6 = (a_2B_2+a_3B_3)(a_5B_2+a_6B_3)+\alpha;$$

$\mathfrak{U}_L$ assure dans tous les cas et $\mathfrak{U}_l$ dans les cas de $K=4$ (cas de Möbius) la validité du théorème de Desargues. L'on peut montrer (Veblen) que $\mathfrak{U}_l$ est plus fort que $\mathfrak{U}_d$, mais nous n'avons par pu trouver d'exemple effectif de treillis satisfaisant à $\mathfrak{U}_l$ sans satisfaire à $\mathfrak{U}_L$.

Les lois $\mathfrak{U}_{m(p)}$, exprimant que les géométries projectives que l'on peut déduire des treillis $\mathfrak{U}_{m(p)}(K)$ ont pour corps de coefficient un corps modulo p, s'obtiennent en remarquant que les 4 expressions A_i se comportent entre elles comme 4 points d'un plan quand $\mathfrak{U}_l$ est satisfaite. Pour les premières valeurs de p nous avons trouvé des expressions plus simples; citons

$$M_{12}M_{13}+M_{13}M_{14}+M_{14}M_{12} = M_{12}M_{13}M_{14} \qquad (\rightarrow \text{modulo } 2),$$
$$a_1F_{23} = a_1F_{34} = a_1F_{42} \qquad (\rightarrow \text{modulo } 3);$$

ces relations sont des identités dans les groupes abeliens principaux d'ordre p^x.

Il existe aussi un ensemble de lois $\mathfrak{U}_{H(h)} = \mathfrak{U}_d$ et $\mathfrak{U}'_{H(h)}$, que l'on eut utiliser

pour limiter le nombre de dimensions des espaces projectifs. On peut leur donner, par exemple, la forme simple ($d = h - 2$)

$$\mathcal{U}'_{\mathrm{H}(h)} \rightleftharpoons a_0 \left[\sum_{i=1}^{i=h+1} a_i \right] = \sum_{i=1}^{i=h+1} a_0 \sum_{\substack{\mathrm{I}=1 \\ \mathrm{I} \neq i}}^{\mathrm{I}=h+1} a_{\mathrm{I}}.$$

Remarquons que les points et les droites du complexe linéaire satisfont à $\mathcal{U}_{\mathrm{H}(2)}$.

Toute loi plus forte que $\mathcal{U}_l$ est nécessairement plus forte qu'une loi $\mathcal{U}_m$ ou $\mathcal{U}_{\mathrm{H}}$.

ALGÈBRE. — *Sur l'équation irréductible* $z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_n = 0$, $n > 1$, *à coefficients complexes entiers, dont toutes les racines sont sur une droite. Les* 11 *classes de droites admissibles* ([1]). Note ([2]) de M. **Théodore Motzkin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit Δ la droite en question. Soient a, b, c et d des entiers réels, c étant premier avec d. Nous trouverons qu'il est toujours possible de mettre Δ sous la forme

$$(\Delta) \qquad Z = \frac{1}{2}(a + bi) + (c + di)^2 u,$$

u étant un paramètre parcourant toutes les valeurs réelles. Nous allons démontrer aux nᵒˢ 1° à 5° que la droite Δ doit appartenir à l'une des 11 classes suivantes :

		sont pairs.	$c^2 + d^2$.	n.
1	a, b	d, $d:2$	carré	quelconque
2	a, b	d, $d:2+1$	»	»
3	$a+1$, $b+1$	d, $d:2$	»	pair
4	a, b	cd	pas carré	»
5	a, b	$cd+1$	»	»
6	$ab+1$	c	»	»
7	$ab+1$	d	»	divisible par 4
8	$a+b+1$, $a+(c+1):2$	d, $d:2$	»	pair
9	$a+b+1$, $a+(c-1):2$	d, $d:2$	»	»
10	$a+b+1$, $a+(c+1):2$	d, $d:2+1$	»	divisible par 4
11	$a+b+1$, $a+(c-1):2$	d, $d:2+1$	»	»

Pour chaque droite Δ le tableau indique les valeurs de n pour lesquelles il existe des équations de degré n du type donné dont les racines sont situées sur cette droite. Pour deux droites de la même classe, il y a une similitude qui fait correspondre à chaque racine z de tout degré n sur l'une des droites une

([1]) Quand à la littérature, ce genre de questions semble être neuf.

([2]) Séance du 30 juillet 1945.

racine z' du même degré sur l'autre, tandis qu'une telle correspondance n'existe pas pour deux droites appartenant à des classes différentes. Ceci complète la justification de notre classification (sans cela, on pourrait réunir les classes 1 et 2, par exemple, en une seule classe). Ici toutefois nous supprimons la preuve de ces faits, et nous nous bornons à donner la démonstration annoncée.

1° Le centre de gravité $\zeta = \xi + \eta i$ des racines $z_1, \ldots, z_n$ de l'équation considérée est rationnel et se trouve sur la droite Δ, que l'on peut représenter par $z = \zeta + gu$, u réel, où $g \neq 0$ est défini à un facteur réel près. Les valeurs $t_\nu = z_\nu - \zeta = gu_\nu$ seront les racines d'une équation irréductible à coefficients rationnels $b_1, \ldots, b_n$ en $t = z - \zeta$.

2° Le nombre b_m, étant une fonction homogène des gu, de degré m, est égal à g^m multiplié par un nombre réel. Il s'ensuit que, si $b_m \neq 0$, g^m sera le produit d'un nombre rationnel par un nombre réel. Il en est de même pour g^M, où M est le p. g. c. d. des m pour lesquels $b_m \neq 0$.

3° L'équation en t étant une équation en t^M, les points z_ν se répartissent, M à M, d'une façon symétrique sur des cercles autour de ζ. Par conséquent $M \leqq 2$, tous les Z_ν étant sur une droite Δ.

4° Si $M = 1$, g est le produit d'un nombre rationnel par un nombre réel, qui peut être choisi de manière que $g = e + fi$, avec e et f entiers et premiers entre eux. Les points $z = x + yi$ de Δ satisfont alors à une équation $fx - ey = f\xi - e\eta = k:h$, k et h étant premiers entre eux et $h > 0$. Si $x + yi$ est un entier algébrique, il en est de même de $x - yi$, $2x$, $2y$ et $2k:h$, d'où $h \leqq 2$. Si ef était impair et $h = 2$, les nombres

$$v = x + y + \frac{1}{2} \quad \text{et} \quad 2v^2 - 2(x + yi)(x - yi) - 2x - 2y = \frac{1}{2}$$

seraient des entiers algébriques, ce qui n'est pas. Donc, ou bien $h = 1$ et ef est pair (cas 1) ou impair (cas 2), ou $h = 2$ et ef est pair (cas 3). Posant $(e + fi)^2 = c + di$, on vérifie aisément l'exactitude des conditions du tableau.

5° Si $M = 2$, g^2 sera le produit d'un nombre rationnel par un nombre réel; nous pouvons choisir $g = (c + di)^{1/2}$, où c et d sont des entiers premiers entre eux. Ici n est pair et les z_ν sont symétriques par rapport à ζ. La somme 2ζ de deux points symétriques est entière, donc on peut écrire $\zeta = 1/2\,(a + bi)$. Les produits $\zeta^2 - t_\nu^2 = z_\nu(2\zeta - z_\nu)$ sont des entiers algébriques situés sur une droite Δ' représentée par $z = \zeta^2 + (c + di)u$ et satisfont à une équation irréductible à coefficients complexes entiers $c_1, \ldots, c_{n:2}$. Pour $n:2 > 1$, Δ' sera donc une droite de classe 1 à 3. Pour $n = 2$, Δ' joint ζ^2 à un nombre entier et appartient aux classes 1 ou 2. La droite Δ elle-même appartient, pour g rationnel, aux classes 1 à 3; pour g irrationnel on obtient aisément les conditions du tableau dans les cas 4 à 11, correspondant respectivement à ζ^2 entier avec Δ' dans 1 ou 2, $2\zeta^2$ entier avec Δ' dans 1 ou 3, $4\zeta^2$ entier avec Δ' dans 1 (deux

classes) ou 3. (deux classes). Quant aux combinaisons manquantes avec Δ' dans 2., on aurait $d(a^2 - b^2) - c(2ab) = 4k$ avec cd impair ce qui entraîne la parité de a et b, d'où ζ^2 entier.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les p-groupes de Sylow du groupe symétrique du degré p^m.* Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\mathfrak{A}$ la somme directe de m champs de Galois G_p de p éléments. C'est un module de p^m éléments, qui sont des suites de la forme $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$, $x_1, x_2, \ldots, x_m \in G_p$. Si $l \leqq m$, on va noter $\mathfrak{A}(z_1, z_2, \ldots, z_l)$ l'ensemble des éléments de $\mathfrak{A}$ tels que $x_1 = z_1$, $x_2 = z_2$, $x_l = z_l$; c'est un ensemble de p^{m-l} éléments.

Faisons correspondre à toute suite $(x_1, x_2, \ldots, x_l)$ $[x_1, x_2, \ldots, x_l \in G_p]$, telle que $0 \leqq l < m$, un élément $a(x_1, x_2, \ldots, x_l)$ de G_p. Représentons par le tableau

$$\left|\begin{array}{c} a \\ a(x_1) \\ a(x_1, x_2) \\ \ldots\ldots\ldots \\ a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}) \end{array}\right|$$

ou, simplement, par $[a(x_1, x_2, \ldots, x_l)]$ la permutation

$$A = \{(x_1, x_2, \ldots, x_m) \to (x_1 + a, x_2 + a(x_1), \ldots, x_m + a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}))\}.$$

Le tableau dont le seul élément non nul est

$$a(z_1, z_2, \ldots, z_l) = a \qquad (0 \leqq l < m)$$

représente la permutation de $\mathfrak{A}$ qui conserve tout élément en dehors de $\mathfrak{A}(z_1, z_2, \ldots, z_l)$ et qui produit une permutation cyclique

$$\mathfrak{A}(z_1, z_2, \ldots, z_l, x_{l+1}) \to \mathfrak{A}(z_1, z_2, \ldots, z_l, x_{l+1} + a)$$

de p sous-ensembles $\mathfrak{A}(z_1, z_2, \ldots, z_l, x_{l+1})$, où x_{l+1} parcourt les éléments de G_p. Cette permutation sera dénommée $\langle a, z_1, z_2, \ldots, z_l \rangle$ et, visiblement, la permutation A s'obtient en faisant d'abord la permutation $\langle a \rangle$, ensuite les permutations $\langle a(x_1); x_1 \rangle$ pour tous les $x_1 \in G_p$, ensuite les permutations $\langle a(x_1, x_2); x_1, x_2 \rangle$ pour tous les $x_1, x_2 \in G_p$ etc., ensuite les permutations $\langle a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}); x_1, x_2, \ldots, x_{m-1} \rangle$ pour tous $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1} \in G_p$. Les permutations A de la forme précédente forment un groupe transitif P_m, car on a

$$[a(x_1, x_2, \ldots, x_l)][b(x_1, x_2, \ldots, x_l)]$$
$$= [a(x_1, x_2, \ldots, x_l) + b(x_1 - a, x_2 - a(x_1), \ldots, x_l - a(x_1, x_2, \ldots, x_{l-1}))],$$
$$[a(x_1, x_2, \ldots, x_l)]^{-1} = [-a(x_1 + a, x_2 + a(x_1), \ldots, x_l + a(x_1, x_2, \ldots, x_{l-1}))],$$

et la permutation identique est représentée par le tableau tel que, pour tout l, $0 \leqq l < m$, et pour tous $x_1, x_2, \ldots, x_l \in G_p$, $a(x_1, x_2, \ldots, x_l) = 0$ [ce tableau sera noté (0)].

L'ordre de P_m est $p^{p^{m-1}+p^{m-2}+\ldots+1}$. Or, ce nombre est égal à la contribution de p dans l'ordre $(p^m)!$ du groupe symétrique S_{p^m} de degré p^m (c'est-à-dire du groupe des permutations, considéré à similitude près, d'un ensemble de p^m éléments). Comme P_m est un groupe de permutations de l'ensemble $\mathfrak{A}$ de p^m éléments, c'est un p-groupe de Sylow, autrement dit un p-sous-groupe maximal de S_{p^m}. En vertu des théorèmes de Sylow [1], tous les p-groupes de Sylow d'un groupe sont conjugués, donc isomorphes et, tout p-sous-groupe d'un groupe est un sous-groupe d'un de ses p-groupes de Sylow. Donc *tout p-groupe est isomorphe à un sous-groupe de P_m pour un entier m convenable* (et, s'il est $\subseteq S_{p^m}$, est semblable à un sous-groupe de P_m). La représentation par les tableaux $[a(x_1, x_2, \ldots, x_l)]$ permet une étude détaillée de P_m et de ses sous-groupes.

Cette étude est facilitée par la remarque suivante : comme les arguments $x_1, x_2, \ldots, x_l$ ne prennent qu'un nombre fini de valeurs, l'application répétée de la formule d'interpolation de Lagrange montre que toute fonction $f(x_1, x_2, \ldots, x_l)$ des $x_1, x_2, \ldots, x_l \in G_p$, dont les valeurs sont dans un corps $k \supseteq G_p$, est un polynome en $x_1, x_2, \ldots, x_l$ dans k; deux polynomes $f(x_1, x_2, \ldots, x_l)$ et $g(x_1, x_2 \ldots, x_l)$ dans k représentent une même fonction des $x_1, x_2, \ldots, x_l \in G_p$ si, et seulement si f et g sont congrus suivant l'idéal $I^{(l)}_{(k)} = (x_1^p - x_1, x_2^p - x_2, \ldots, x_l^p - x_l)$ dans l'anneau $k^{(l)} = k[x_1, x_2, \ldots, x_l]$ des polynomes en $x_1, x_2, \ldots, x_l$ dans k. Ainsi les fonctions f de la forme précédente peuvent s'identifier avec les éléments de $k^{(l)}/I^{(l)}(k)$. En particulier $a(x_1, x_2, \ldots, x_l)$ peut s'identifier avec un élément de $G_p^{(l)}/I^{(l)}(G_p)$ et, ainsi, toutes les questions concernant la structure de P_m (et, en particulier, la détermination des invariants caractéristiques de ses sous-groupes) se transforment en questions concernant les propriétés de polynomes dans G_p.

La méthode précédente peut se généraliser cemme suit : soient $\mathfrak{G}_1, \mathfrak{G}_2, \ldots, \mathfrak{G}_m$ des groupes abstraits quelconques, dont les unités soient $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_m$, soit $\mathfrak{A}$ le produit (au sens de la théorie des ensembles) $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 \times \ldots \times \mathfrak{G}_m$ de ces groupes, autrement dit, l'ensemble des suites $(\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_m)$, où pour tout $l = 1, 2, \ldots, m$, $\sigma_l \in G_l$. Faisons correspondre à toute suite $(s_1, s_2, \ldots, s_l)$, telle que $0 \leqq l < m$ et que, pour tout $i = 1, 2, \ldots, l$, $s_i \in \mathfrak{G}_i$, un $a(s_1, s_2, \ldots, s_l) \in G_{l+1}$. Représentons par le tableau $[a(s_1, s_2, \ldots, s_l)]$, où $(s_1, s_2, \ldots, s_l)$ parcourt toutes les suites de la forme précédente, la permutation

$$(\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_l, \ldots, \sigma_m) \rightarrow \big(a\sigma_1, a(\sigma_1)\sigma_2, \ldots, a(\sigma_1, \ldots, \sigma_{l-1})\sigma_l, \ldots, a(\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_{m-1})\sigma_m\big)$$

de $\mathfrak{A}$. Visiblement $[a(s_1, s_2, \ldots, s_l)][b(s_1, s_2, \ldots, s_l)]$ est la permutation de $\mathfrak{A}$

(1) Voir ZASSENHAUS, *Lehrbuch der Gruppentheorie*, Leipzig, 1937.

représentée par le tableau

$$\left[a(s_1, s_2, \ldots, s_l)\, b\left(a^{-1}s_1, a(s_1)^{-1}s_1, \ldots, a(s_1, s_2, \ldots, s_{l-1})^{-1}s_l\right)\right],$$

$[a(s_1, s_2, \ldots, s_l)]^{-1}$ est

$$\left[a\left(as_1, a(s_1)s_1, \ldots, a(s_1, s_2, \ldots, s_{l-1})s_l\right)^{-1}\right]$$

et la permutation identique est représentée par le tableau $[a(s_1, s_2, \ldots, s_l)]$ tel que $a(s_1, s_2, \ldots, s_l) = \varepsilon_{l+1}$. Donc, l'ensemble des permutations de $\mathfrak{A}$ de cette forme est un groupe, qui sera noté $\mathfrak{G}_1 \circ, \mathfrak{G}_2 \circ, \ldots, \circ \mathfrak{G}_m$ et sera appelé le *produit complet* de la suite de groupes $\mathfrak{G}_1, \mathfrak{G}_2, \ldots, \mathfrak{G}_m$. Il me semble que de tels produits, où $\mathfrak{G}_1, \mathfrak{G}_2, \ldots, \mathfrak{G}_m$ sont des groupes cycliques, peuvent être utiles dans l'étude des groupes résolubles.

CALCUL EXPÉRIMENTAL. — *Calculateur d'ailes et réseaux de résistances linéaires pouvant remplacer, dans certaines questions, le bassin électrique.* Note [1] de M. **Lucien Malavard**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. J'ai réalisé en 1944 et présenté au Congrès National de l'Aviation française en mars (1945) un nouveau modèle de calculateur d'ailes, dans lequel le bassin électrique est remplacé par un réseau de résistances linéaires [2]. Rappelons que ce réseau est formé par des résistances linéaires $\rho_{\nu n}$ réunissant deux à deux les nœuds $E_0, E_1, \ldots, E_m$; $\rho_{\nu n}$ est intercalé entre E_ν et E_n. Sa valeur (calculée ou mesurée) est celle de la résistance du bassin électrique entre les électrodes E_ν et E_n lorsque l'une d'elles (peu importe laquelle : $\rho_{\nu n} = \rho_{n\nu}$) est au potentiel 1, toutes les autres électrodes du bassin étant au potentiel zéro. Le réseau ainsi formé remplace le bassin électrique, les nœuds jouant le rôle des électrodes et les autres circuits du calculateur d'ailes n'étant pas modifiés; E_0 est au potentiel zéro, chacun des autres nœuds E_n est relié à une résistance R_n dont l'autre extrémité sera réglée au potentiel $\overline{\varphi}_n$. Les R_n et les $\overline{\varphi}_n$ qui dépendent des données de l'aile à calculer étant réglés, on mesure les inconnues φ_n (potentiels des nœuds du réseau).

2. Rappelons enfin [2] que le calculateur d'ailes ainsi conçu résoud le système linéaire

$$(1) \qquad \frac{\overline{\varphi}_\nu - \varphi_\nu}{R_\nu} = \sum_n{}' \frac{\varphi_\nu - \varphi_n}{\rho_{n\nu}} + \frac{\varphi_\nu}{\rho_{\nu 0}} \qquad (n \text{ et } \nu = 1, 2, \ldots, m;\ n \neq \nu)$$

aux inconnues $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_m$. Avec des résistances ρ réglables, il permet donc

---

(1) Séance du 30 juillet 1945.

(2) Cf. L. Malavard, *Applications aérodynamiques du Calcul expérimental analogique* (sous presse dans les *Comptes rendus du Congrès*). L'appareil est en service dans notre laboratoire et dans un bureau d'études de la Société nationale de construction aéronautique du Sud-Ouest.

de résoudre tout système

(2) $$\alpha_\nu \varphi_\nu = \Sigma'_n \alpha_{\nu n} \varphi_n + \beta_\nu,$$

pourvu que les α_ν, $\alpha_{\nu n}$ puissent être ramenés à remplir les conditions suivantes : *a.* aucun d'eux n'est négatif; *b.* le tableau $\alpha_{\nu n}$ est symétrique $\alpha_{\nu n} = \alpha_{n\nu}$; *c.* on a l'inégalité $\alpha_\nu > \Sigma'_n \alpha_{\nu n}$. L'identification donne en effet

(3) $$\frac{1}{\rho_{\nu n}} = \alpha_{\nu n}, \qquad \frac{1}{R_\nu} + \frac{1}{\rho_{\nu 0}} = \alpha_\nu - \Sigma'_n \alpha_{\nu n}, \qquad \beta_\nu = \frac{\overline{\varphi}_\nu}{R_\nu}.$$

3. Voici quelques remarques complémentaires. R_ν et $\rho_{\nu 0}$ ne sont déterminés qu'en ce qui concerne la conductance totale, de sorte que l'on peut, par exemple, supprimer E_0 et les $\rho_{\nu 0}(\rho_{\nu 0} = \infty)$ en modifiant en conséquence les R_ν. On a préféré conserver E_0 pour garder des expressions des R_ν les plus simples en fonction des données de l'aile.

Il est clair d'autre part que des montages analogues permettent le calcul expérimental des formes linéaires. Si en un nœud E viennent se réunir des résistances $\rho_0, \rho_1, \ldots, \rho_m$ dont les autres extrémités sont réglées aux potentiels $0, \varphi_1, \ldots, \varphi_m$, E prend le potentiel φ tel que

$$\varphi \left\{ \frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_1} + \ldots + \frac{1}{\varphi_m} \right\} = \sum_\nu \frac{\varphi_\nu}{\rho_\nu},$$

et il est aisé de combiner le montage de façon que le facteur de φ au premier membre garde une valeur simple quel que soit le réglage des ρ_i. La mesure de φ donnera donc la valeur de la forme linéaire au second membre.

4. Les considérations du n° 2 permettent d'annexer à la méthode du Calculateur d'ailes une autre méthode de calcul des répartitions de portance due à Multhopp ([3]). Le système linéaire envisagé par Multhopp [*loc. cit.*, V, formule (20)] satisfait les conditions *a*, *b* et *c*, si l'on multiplie l'équation d'indice ν par $\sin\theta_\nu$. Il en est de même des systèmes (25) et (27) de Multhopp, dont dépendent les déterminations de répartition paires ou impaires [pour la dernière équation (25) on multipliera par $(1/2)\sin\theta_\nu$ au lieu de $\sin\theta_\nu$]. Tout le travail de calcul numérique nécessité par la méthode de Multhopp peut donc être évité par l'emploi de calculateur d'aile du nouveau modèle dont les résistances $\rho_{\nu n}$ sont choisies conformément aux relations (3), d'après les valeurs des coefficients des systèmes d'équations de Multhopp.

5. Il n'est pas inutile enfin de noter la portée générale du procédé de substitution d'un montage par résistance linéaire à un bassin électrique. Ce procédé n'est pas limité au cas du problème aux limites traité par le calculateur d'ailes. Toutes les fois que les réglages et les déterminations (sur des potentiels et flux) ne concernent pas l'intérieur du bassin, mais sa frontière, et après détermination

---

([3]) *Luftfahrtforschung*, 15, 1938, p. 153-180.

théorique ou expérimentale des résistances $\rho_{\gamma n}$ entre électrodes, la substitution sera possible et en général avantageuse. Cela quelle que soit la forme du bassin, qui peut être plan (à profondeur constante ou variable), ou bien à trois dimensions, ou bien imaginé dans un espace à n dimensions. Divers modèles d'application sont en cours de réalisation.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la répartition des pressions sur une aile.* Note [1] de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons établi, dans le champ des quantités de mouvement [2], la fonction de l'écoulement autour d'une aile [3] définie à partir des fonctions

$$(1)\quad f(z)=\rho_0 V_0\left(Z+\frac{a^2}{Z}\right)-\frac{i\Gamma}{2\pi}\log Z \quad \text{avec} \quad \Gamma=4\pi a\rho_0 V_0 \sin\alpha \quad \left(\alpha \text{ argument de } \overrightarrow{\rho_0 V_0}\right),$$

$$(2)\qquad z=Z+\frac{c^2}{Z}+\sum_2^p \frac{a_i}{Z^i},$$

d'où $\rho V/\rho_0 V_0$ (construction de Trefftz) et la pression rapportée aux conditions du point de vitesse nulle ω (*fig.* 1), donnée par l'équation fondamentale

$$(3)\qquad \left(\frac{p}{p_\omega}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}+\frac{\gamma-1}{2}\left(\frac{\rho V}{\rho_\omega c_\omega}\right)^2\left(\frac{p}{p_\omega}\right)^{-\frac{2}{\gamma}}=1$$

(*fig.* 2); M_0 relatif à l'infini amont, ayant été tout d'abord porté, grâce à

$$(4)\qquad \frac{p_0}{p_\omega}=\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(\frac{V_0}{c_0}\right)^2\right]^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}.$$

Étudions l'évolution en fonction du nombre de Sarrau du coefficient de pression

$$(5)\qquad c_p=\frac{p-p_0}{\frac{\rho_0}{2}V_0^2}=\frac{2}{\gamma}\,\frac{\left(\frac{p}{p_0}-1\right)}{\left(\frac{V_0}{c_0}\right)^2}.$$

Évoluons le long d'une ligne de courant (*fig.* 1), depuis le point ω, sur l'extrados et l'intrados du profil. ρV croît d'abord, passe par un maximum en M_1 et M_2, supérieur à $\rho_0 V_0$, et décroît ensuite. Le point figuratif sur la figure 2 évolue depuis le point de vitesse nulle jusqu'à M et revient

(1) Séance du 24 juillet 1944.

(2) *Comptes rendus*, **220**, 1944, p. 162.

(3) *Comptes rendus*, **221**, 1944, p. 86.

vers le point de vitesse nulle. Nous sommes conduit à définir ainsi trois domaines :

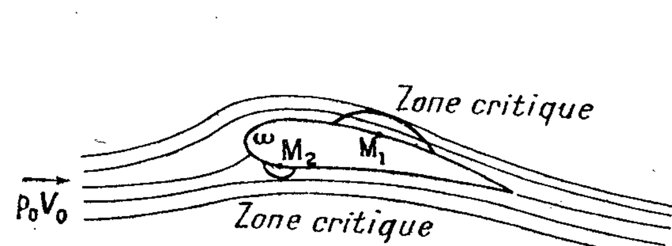
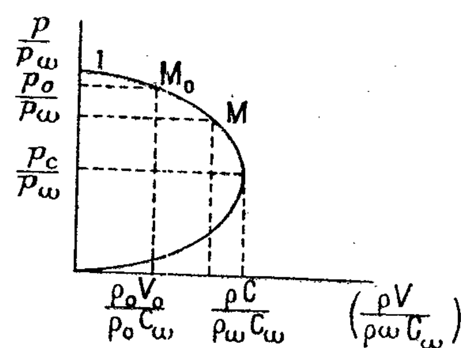


Fig. 1.


Fig. 2.

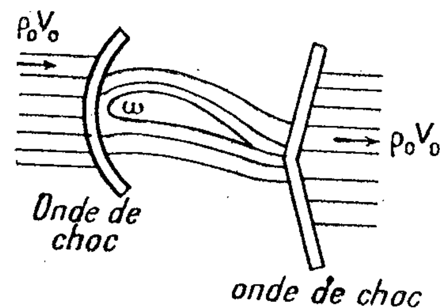


Fig. 3.

1° *le domaine subsonique*, correspondant à des vitesses V_0 à l'infini amont, inférieures à la vitesse du son, assez faibles pour que, en aucun point du champ, la quantité de mouvement n'atteigne la valeur critique;

2° *le domaine sonique*, correspondant à des vitesses V_0, inférieures à la vitesse du son, mais telles qu'en certains points du champ, et d'abord sur l'extrados de l'aile, la quantité de mouvement atteigne la valeur critique;

3° *le domaine supersonique*.

1° Dans le domaine subsonique, l'écoulement est régi par les fonctions (1) et (2) sans aucune réserve. La pression p/p_0 s'écarte d'autant plus de sa valeur en fluide incompressible que V_0/c_0 est plus grand [figure 2 de notre précédente Note ([2])]. Il en résulte que les courbes d'évolution C_p (*fig.* 4) s'écartent d'autant plus de la courbe de Joukowsky ($V_0/c_0 = 0$) que V_0/c_0 est plus grand.

2° V_0/c_0 s'accroissant, le point M_0 se déplaçant vers la droite, le point M représentatif du point M_1 de l'extrados (*fig.* 1) atteint le point critique. A partir de ce moment la configuration devient permanente ([2]), $\rho V/\rho_\omega c_\omega$ conservant la même valeur en chaque point quel que soit V_0/c_0, c'est-à-dire que l'écoulement est régi par la fonction permanente

$$(6)\qquad f(Z) = \rho'_0 V'_0\left(Z + \frac{a^2}{Z}\right) - \frac{i\Gamma}{2\pi}\log Z, \qquad \text{sur cette ligne de courant.}$$

Mais, à l'avant du profil, le fluide subit une compression continue de $\rho_0 V_0$ à 0, de l'infini au point de vitesse nulle, jusqu'à une pression p_ω qui s'accroît avec V_0/c_0 (d'où une déformation continue des filets fluides à l'avant du profil). Il en résulte que, comme pour la tuyère, quand la différence de pression entre l'amont et l'aval s'accroîtra (dans la configuration permanente), la détente se poursuivra en régime supersonique jusqu'à une onde de choc. L'évolution des c_p se modifie alors comme l'indique la figure 4.

3° Pour V_0 supersonique, le point M_0 relatif à l'infini amont (*fig.* 2) doit appartenir à la branche supersonique; la quantité de mouvement passe de la valeur 0 au point ω à la valeur $\rho_0 V_0$, supersonique, à l'infini amont et, par conséquent, doit passer par un maximum. Or les fonctions (1) et (2) imposent que la quantité de mouvement s'accroisse de façon uniforme du bord d'attaque

à l'infini amont. Ces fonctions correspondent donc, *dans un domaine extérieur* (*fig.* 3), à une impossibilité physique. Il nous faut donc supposer : *a*. que dans une région extérieure l'écoulement n'est pas influencé et est carac-

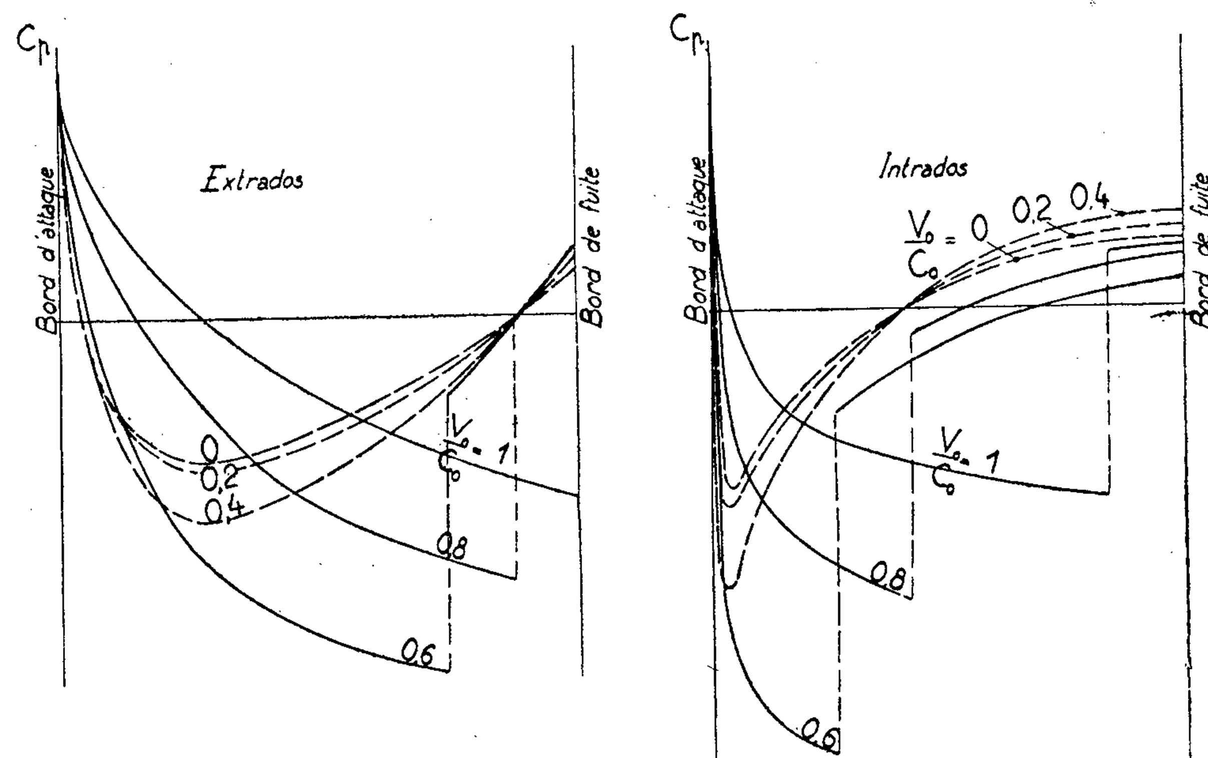


Fig. 4.

térisé par une quantité de mouvement uniforme $\rho_0 V_0$ (lignes de courant rectilignes); *b*. qu'à proximité de l'aile, les filets se heurtent à une masse fluide, où la présence de l'obstacle se fait sentir. Il se produit une compression brusque, non réversible, à l'avant du profil (faisant suite à la compression continue du domaine sonique), au delà de laquelle l'écoulement est de nouveau régi par la fonction (6).

AÉRODYNAMIQUE. — *Généralisation de la théorie du segment portant au cas de l'aile en dérive*. Note (¹) de M. **Jean Legras**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'application de la théorie de la ligne portante au cas d'une aile présentant un V longitudinal, ou simplement d'une aile en dérive, présente des difficultés connues. L'évaluation de la vitesse induite en un point de la ligne portante amène à des intégrales formelles telles que (²)

$$\int_0^\pi \left\{ \frac{1}{\cos\theta - \cos\varphi} + \frac{\sin\alpha}{|\cos\theta - \cos\varphi|} \right\} d\varphi.$$

Les auteurs cités notent que l'intégrale précédente prend un sens si l'on introduit l'intervalle d'exclusion $\theta - 2\varepsilon$, $\theta + 2\delta$, où ε et δ tendent vers zéro,

(¹) Séance du 11 juin 1945.

(²) Theilheimer, *Journal of the Aeronautical Sciences*, 10, mars 1943, p. 101; Gail, *ibid.*

liés par

$$(1+\sin\alpha)\log\varepsilon=(1-\sin\alpha)\log\delta.$$

Mais c'est là un artifice de calcul qui ne s'appuie sur aucune justification physique, et il n'y a aucune raison à priori de ne pas prendre

$$(1+\sin\alpha)\log\varepsilon=(1-\sin\alpha)\log\delta+f(0),$$

ce qui conduit à une limite arbitraire avec $f(0)$.

Les difficultés auxquelles je viens de faire allusion proviennent de ce que la vitesse verticale induite par la nappe des tourbillons libres devient infinie au voisinage de la ligne portante, sauf dans le cas où cette ligne portante est normale à V_0 (cas où la partie principale au sens de Cauchy s'introduit naturellement).

Plaçons-nous dans le cas d'une aile très mince. Dans le cas du mouvement plan on a pour la circulation la formule connue

$$\Gamma=-2V_0\int_{-t}^{0}g(u)\sqrt{\frac{t+u}{-u}}\,du,$$

où $g(u)$ définit la loi de pentes du profil considéré. Dans le cas de l'aile d'envergure finie, Γ et g dépendent de l'abscisse en envergure y, mais, par analogie avec la théorie du segment portant, il conviendra de remplacer en chaque point la partie g par une pente fictive $g-(w/V_0)$, w étant la vitesse induite par la nappe des tourbillons libres. On vérifie facilement que, pour les petites valeurs de u, w est de la forme

$$-2\sin\alpha\log|u|\Gamma'(y)+w_1(u,y),$$

où w_1 reste fini lorsque u tend vers zéro.

Dans ces conditions un calcul élémentaire montre, en première approximation par rapport à la profondeur t, la contribution du premier terme au calcul de Γ est $-\pi t w_1(0)$. En développant les calculs, on est conduit à l'équation

$$\Gamma(y)+\frac{kt}{4\pi}\int_{-1}^{+1}\frac{d\Gamma(\eta)}{y-\eta}=ktV_0\{j-\Delta_j\},$$

avec

$$\Delta_j=\frac{\sin\alpha}{4\pi V_0}\left\{\left(\operatorname{Log}\frac{64(1-y^2)}{t^2}\right)\Gamma'(y)+\int_{-1}^{+1}\frac{\Gamma'(\eta)-\Gamma'(y)}{|y-\eta|}\,d\eta\right\},$$

qui diffère de l'équation de Prandtl par l'introduction de la correction d'incidence Δ_j, et que l'on pourra traiter numériquement en évaluant approximativement cette correction d'incidence.

On a une équation analogue, mais un peu plus compliquée, dans le cas d'une aile en flèche de forme quelconque.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Extension d'une théorie de M. J. de Neumann au cas des projecteurs non commutables.* Note [1] de M. **Olivier Costa de Beauregard.**

Convenons d'appeler *question catégorique* toute question susceptible des seules réponses adéquates *oui* et *non*. Von Neumann, pour les besoins de la théorie quantique, a représenté ces questions par des opérateurs à deux valeurs propres, nommément des *projecteurs*, et associé la valeur 1 à la réponse *oui* et la valeur 0 à la réponse *non*. Soient $\mathcal{F}$? et $\mathcal{G}$? deux questions catégoriques, F et G leurs projecteurs, (F) et (G) les variétés linéaires fermées (v. l. f.) qui leur sont associées. Von Neumann a montré que, si F et G commutent ou, ce qui revient au même, si (F) et (G) sont orthogonales [2], la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$? est une question catégorique, dont le projecteur est $FG = GF$ et, par conséquent, à laquelle est associée la v. l. f. *intersection* de (F) et de (G) [3]. Par ailleurs, au terme d'une longue analyse de logique symbolique, G. Birkhoff et J. v. Neumann ont admis que la logique adaptée à la théorie quantique n'est pas une logique du tiers exclu [4].

Nous voulons établir ici la théorie de la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$? dans l'hypothèse où les projecteurs F et G ne commutent pas, et montrer directement, en faisant seulement appel aux propriétés de l'espace de Hilbert, que cette théorie impose l'emploi d'une *logique à trois valeurs*. Soient respectivement (E) et (I) les v. l. f. *ensemble* et *intersection* de (F) et de (G), E et I leurs projecteurs; ceux-ci sont parfaitement définis, bien qu'ils ne puissent s'exprimer en fonction de F et de G lorsque F et G ne commutent pas.

Une réponse *oui* à la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$? doit être une fonction appartenant à la fois à (F) et à (G); la v. l. f. associée à la réponse *oui* est donc (I).

La v. l. f. $(1)-(E)$ [5] contient toutes les fonctions orthogonales à la fois à (F) et à (G), c'est-à-dire les réponses *non et non* à la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$? Posons $(F_1) = (F) - (I)$ et $(G_1) = (G) - (I)$; les fonctions de (F) orthogonales à (G) sont toutes contenues dans (F_1); augmentées de leurs points d'accumulation, elles y définissent une v. l. f. (F_2); soit (G_2) la v. l. f. homologue dans (G_1). Les v. l. f. (F_2) et (G_2) contiennent respectivement les réponses *oui et non* et *non et oui* à la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$? Soit (J) la v. l. f. somme des trois v. l. f. disjointes $(1)-(E)$, (F_2), (G_2); toute fonction de (J) est, d'une manière unique, somme de trois fonctions orthogonales des types précédents, et apparaît ainsi comme

---

(1) Séance du 9 juillet 1945.

(2) Nous employons l'adjectif *orthogonal* au même sens qu'en géométrie ordinaire. Nous appelons *disjointes* deux v. l. f. orthogonales dont l'intersection est vide.

(3) *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932, pp. 130-134.

(4) *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 837.

(5) Pour l'homogénéité des notations, nous désignons symboliquement l'espace de Hilbert par (1).

une réponse *non* à la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$?; nous allons voir qu'aucune fonction orthogonale à (J) n'est une réponse *non*.

Posons $(F') = (F_1) - (F_2)$ et $(G') = (G_1) - (G_2)$, et soit (K) la v. l. f. ensemble de (F′) et de (G′). Toute fonction de (K) est, d'une manière unique, somme d'une fonction de (F′) et d'une fonction de (G′); la première, contenue dans (F) et oblique sur (G), est une réponse *oui* à $\mathcal{F}$? et une réponse ambiguë, ou *peut-être*, à $\mathcal{G}$?. Soient (F″) et (G″) les v. l. f. complémentaires à (K) de (E′) et de (F′); la v. l. f. ensemble de (E″) et de (F″), contenue dans (K), est égale à (K) [6]. Toute fonction de (K) est donc, d'une manière unique, somme d'une fonction de (F″) et d'une fonction de (G″); la première, orthogonale à (F) et oblique sur (G) est une réponse *non* à $\mathcal{F}$? et *peut-être* à $\mathcal{G}$? On voit que les réponses du type *non et peut-être*, qu'on aurait pu être tenté d'assimiler aux réponses *non*, ne sont pas disjointes des réponses du type *oui et peut-être* qui, elles, sont certainement des réponses ambiguës; la v. l. f. (K), qui serait vide si (F) et (G) étaient orthogonales, contient donc les réponses *peut-être* à la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$?

Les trois v. l. f. (I), (J), (K) étant disjointes et complémentaires à l'espace de Hilbert, nous connaissons la décomposition projective de l'opérateur attaché à la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$?; pour achever de le définir, il reste à fixer les trois valeurs propres i, j, k correspondantes. Si (F) et (G) deviennent orthogonales, la possibilité d'une réponse *peut-être* s'évanouit et la question $\mathcal{F}$ *et* $\mathcal{G}$? devient catégorique; pour retrouver alors les définitions de J. v. Neumann, on prendra $i = 0$ et $k = 1$. Comme les bornes d'une probabilité normée sont 0 et 1, il est indiqué de prendre pour j une valeur déterminée, mais arbitraire, comprise entre 0 et 1.

La théorie que nous venons de résumer permet de traiter d'un point de vue nouveau le problème quantique des grandeurs non simultanément mesurables.

Remarques. — La question $\mathcal{E}$ *ou* $\mathcal{F}$?, entendue au sens *au moins* $\mathcal{E}$ *ou* $\mathcal{F}$?, reste, dans le cas général, une question catégorique. Au contraire la question $\mathcal{E}$ *ou* $\mathcal{F}$?, entendue avec exclusion, devient, dans le cas général, susceptible des trois réponses *oui, non, peut-être*; les v. l. f. correspondantes sont $(F_2) + (G_2)$, $(1) - (E) + (I)$, et (K).

---

(6) Il s'agit d'un cas particulier du théorème en vertu duquel, (F) et (F′), (G) et (G′) désignant deux couples de v. l. f. complémentaires à (K), (E) l'ensemble de (F) et (G) et (I′) l'intersection de (F′) et (G′), les v. l. f. disjointes (E) et (I′) sont complémentaires à (K).

Une transposition logique de cette proposition constitue l'un des postulats de la théorie de Birkhoff et von Neumann (*op. cit.*, p. 830, formule L 74, et p. 827).

RAYONS X. — *Spectres* L *et niveaux caractéristiques de l'iridium.* Note de Mlles **Yvette Cauchois** et **Ioana Manesco**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous terminons actuellement une révision systématique des spectres et des niveaux d'énergie des atomes lourds. Nous donnons ici les résultats relatifs à l'iridium pour les principales raies d'émission L (Tableau I), les absorptions L (Tableau II) et les niveaux (Tableau III). Notre technique expérimentale et les procédés de calcul, désormais classiques, sont exposés par exemple, dans un travail analogue fait sur le bismuth (1).

TABLEAU I.

Émission.	λ (U. X.).	ν/R.	Émission.	λ (U. X.).	ν/R.
L_I M_{II} β_4	1177,19	774,11	L_{II} $N_{VI,VII}$ j'_8	969,75	939,70
M_{III} β_3	1138,57	800,36	O_I j_8	972,14	937,38
M_{IV} β_{10}	1094,79	832,37	O_{IV} j_6	965,15	944,17
M_V β_9	1087,51	837,94	L_{III} M_I l	1537,85	592,56
N_{II} j_2	963,53	945,76	M_{IV} α_2	1359,75	670,17
N_{III} j_3	957,42	951,80	M_V α_1	1348,58	675,73
O_{II} j_4	926,45	983,61	N_I β_6	1175,61	775,15
O_{III} j_4	925,58	984,54	N_{IV} β_{15}	1134,77	803,04
L_{II} M_I η	1281,91	710,87	N_V β_2	1133,05	804,26
M_{IV} β_1	1155,50	788,64	$N_{VI,VII}$ β'_7	1109,33	821,46
N_I j_5	1019,73	893,64	O_I β_7	1112,66	819,00
N_{IV} j_1	988,91	921,49	$O_{IV,V}$ β_5	1103,62	825,71

TABLEAU II.

Absorption.	λ (U. X.) d'après mesures antérieures rapportées par Siegbahn (2).		λ (U. X.).	ν/R.
L_I	919,5	922,3	921,14	989,28
L_{II}	965	965,4	965,00	944,32
Minimum d'intensité	–	–	964,66	944,65
L_{III}	1103,6	1103,8	1103,42	825,86
R. B.	–	–	1103,04	826,14
Maximum	–	–	1102,33	826,68

TABLEAU III.

Niveau.	K.	L_I.	L_{II}.	L_{III}.	M_I.	M_{II}.	M_{III}.	M_{IV}.	M_V.
ν/R...	$5605,7_0$	$988,9_0$	$944,3_3$	$825,8_6$	$233,3_8$	$213,9_5$	$187,7_0$	$155,6_9$	$150,1_5$

Niveau.	N_I.	N_{II}.	N_{III}.	N_{IV}.	N_V.	$N_{VI,VII}$.	O_I.	O_{II}.	O_{III}.	$O_{IV,V}$.
ν/R...	$50,7_0$	$42,3_0$	$36,2_6$	$22,8_3$	$21,6_0$	$4,5_1$	$6,9_0$	$4,4_5$	$3,5_2$	$0,1_5$

Les valeurs des longueurs d'onde d'émission retenues par Siegbahn (3)

(1) Y. Cauchois, *Cahiers de Physique*, 2e série, 7, 1942, pp. 1-12 et pp. 25 à 30.

(2) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2e Aufl., 1931.

(3) S. Kaufman, *Phys Rev.*, **45**, 1934, pp. 385 et 613.

avaient été rectifiées dans quelques cas par Kaufman ([4]). Nous observons des écarts, qui atteignent jusqu'à 0,5 uX et qui sont toujours positifs, entre ces valeurs et les nôtres. La raie l, qui devait coïncider avec $CuK\alpha_{3,4}$ ([5]), est en réalité située de l'autre côté de $CuK\alpha_1$ dont elle est très voisine (un peu moins de 0,5 uX). Malgré des précautions particulières, l'émission $CuK\alpha$, due sans doute à certaines pièces du tube et non à l'anticathode, apparaît encore très faiblement sur nos clichés; sa présence entraîne peut-être une légère erreur sur la mesure de Irl, dont il faudrait tenir compte pour rechercher l'origine d'une légère divergence entre la séparation l (118,31 ν/R) et les séparations correspondantes des autres doublets de spin $L_{II}L_{III}$ qui se groupent autour de la valeur moyenne 118,47 ν/R à 0,02 près. La séparation $K\alpha_1\alpha_2$, d'après les mesures de E. Ingelstam ([5]), est égale à 118,48, en excellent accord avec nos déterminations des fréquences des raies L_{II} et L_{III} les plus fortes. Elle a été retenue dans la moyenne, ainsi que la séparation des discontinuités L_{II} et L_{III} (118,46). La mesure des émissions β'_7 et j' est difficile. j', qui est très proche de la discontinuité K de l'argent de l'émulsion photographique, en second ordre, doit être pointée sur des clichés pris à basse tension.

Le spectre d'absorption est dû à une couche mince de poudre d'iridium métallique. La discontinuité L_I se place près de la discontinuité d'absorption propre du brome de la plaque photographique, dans la région de très faible sensibilité; sa mesure est difficile. Les absorptions L_{II} et L_{III} montrent quelques structures; les plus nettes sont les minima d'intensité (particulièrement accentués dans le cas de L_{III}) présents au voisinage de L_{II} et de L_{III} respectivement, comme on pouvait s'y attendre.

Le calcul du niveau K fait usage des fréquences de $K\alpha_1$, α_2 et β_1 données par Ingelstam. Les valeurs des niveaux $N_{VI,VII}$ et O sont pratiquement égales pour l'iridium, où se produit donc une inversion de leurs *positions respectives*.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Détermination des éléments du premier ordre des lentilles électrostatiques symétriques*. Note ([1]) de MM. **Paul Chanson**, **André Ertaud** et **Claude Magnan**.

ÉTUDE DÉTAILLÉE DES ÉLÉMENTS DU PREMIER ORDRE DES LENTILLES SYMÉTRIQUES A HAUTE TENSION. — La connaissance des éléments du premier ordre d'un grand nombre de systèmes centrés électrostatiques serait très utile pour établir des avant-projets d'optique électronique.

Nous étudierons des lentilles symétriques à 3 diaphragmes et caractérisées par les paramètres suivants : δ_1 diamètre du diaphragme central, δ_2 diamètre des diaphragmes latéraux, σ intervalle entre axes des diaphragmes, k rapport de la tension de la lentille centrale à la tension d'accélération des électrons.

En tenant compte de la relation d'homothétie on peut fixer un de ces para-

([4]) *Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsal*, 4e série, 10, v, 1936.

([1]) Séance du 16 juin 1945.

mètres. Soit par exemple σ. Ce choix est commode au point de vue expérimental, car il fournit la tension maxima qu'il est possible d'appliquer à la lentille.

Distance focale. — Un premier élément optique fondamental d'une lentille est la distance focale.

Pratiquement il est commode d'avoir directement f en fonction des éléments géométriques δ_1, δ_2, σ. C'est ce que nous avons fait en calculant f par la méthode d'intégrations successives convergentes ([2]). Nous avons condensé les résultats obtenus sur un graphique (*fig.* 1), où sont tracées les courbes équifoyers en fonction de δ_1 et δ_2.

Les valeurs de δ_1, δ_2 et f sont exprimées en millimètres et correspondent à

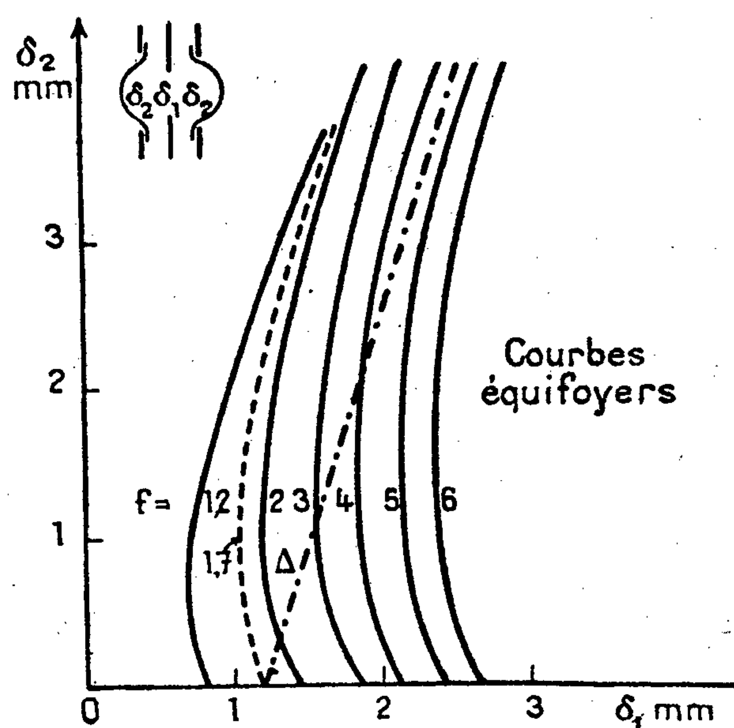


Fig. 1.

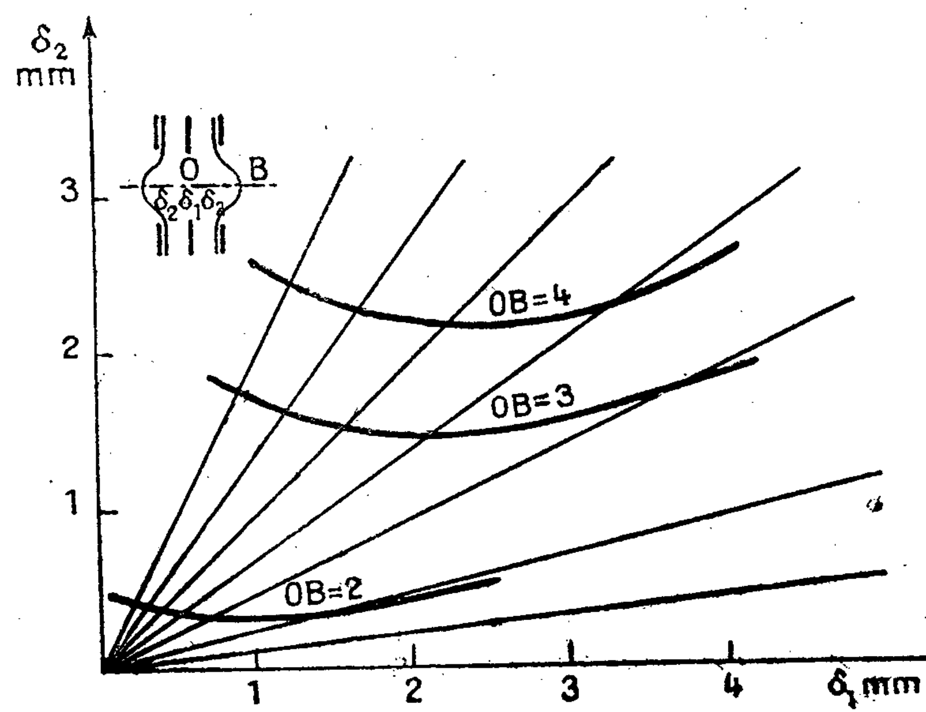


Fig. 2.

un écartement de $1^{mm},7$ et à $k=1$, ce qui permet d'appliquer une tension de 60000 volts.

L'examen de ce graphique permet quelques remarques intéressantes.

On peut dire en gros que, pour cette valeur de σ, la distance focale dépend peu de δ_2 et est voisine de $2\delta_1$. Pour faire une estimation précise il suffit de consulter le graphique, qui est établi avec une précision supérieure à 1 %. D'autre part cette faible influence de δ_2 montre qu'une dissymétrie, même notable, pouvant aller du simple au double, entre l'ouverture d'entrée et l'ouverture de sortie, ne modifie que très peu la distance focale.

Position du plan principal. — Dans tous les cas étudiés le plan principal reste voisin du centre de la lentille et au delà du centre relativement au foyer.

Position du foyer par rapport aux surfaces équipotentielles. — Il est très important de bien fixer la position du foyer dans le champ électrostatique.

L'objet à examiner en microscopie électronique est toujours très voisin du foyer, et l'objectif ne sera vraiment commode que si l'on peut mettre l'objet au

([2]) E. Brüche et O. Scherzer, *Geometrische Elektronenoptik*, 1934, p. 98. Dans cette méthode d'intégration les valeurs des potentiels et de sa dérivée seconde sont déterminées expérimentalement en chaque point de l'axe par une cuve rhéographique.

potentiel zéro. Aussi sur le graphique avons-nous tracé une ligne de démarcation Δ, qui sépare les lentilles dont le foyer est dans le champ de celles dont le foyer est extérieur au champ.

On voit ainsi que la lentille de plus court foyer utilisable dans ces conditions correspond à un foyer $f = \sigma = 1^{mm},7$. Cette circonstance se produit pour $\delta_2 = 0$ et δ_1 voisin de $1^{mm},1$. Dans ce cas l'objet peut être mis sur une grille qui sert de diaphragme d'ouverture nulle.

Variation de la distance focale avec le potentiel de la lentille centrale, la tension accélératrice des électrons restant constante. — Jusqu'ici nous avons supposé que le diaphragme central était porté au potentiel d'accélération des électrons et nous avons obtenu les foyers correspondants.

Or une manière très commode de faire varier le foyer consiste à modifier la tension de la lentille V en laissant constante la tension accélératrice U des électrons. Si la tension V diminue, la distance focale augmente. Il faut calculer cette variation de f en fonction du rapport $k = V/U$. C'est ce que nous avons fait pour un certain nombre de lentilles. Pour les valeurs de k voisines de 1, ce qui est le cas pratique, la variation est linéaire et l'on a

$$f_k = f_1\left[1 + p\left(\frac{1}{k} - 1\right)\right].$$

La valeur de p dépend du type de lentille, mais d'une manière générale s'écarte peu de la valeur 4 ou 5 pour des lentilles dont les valeurs de δ_1 et δ_2 correspondent à des points voisins de Δ. Une variation de 10 % sur la tension entraîne une variation d'environ 25 % sur les foyers.

Cette variation des foyers présente un grand intérêt dans le cas suivant : on est parfois conduit à employer une valeur faible de δ_1 pour des questions d'aberration, ce qui donnerait un foyer intérieur avec $k = 1$. Pour placer ce foyer à la limite du champ, il suffit de choisir une tension $V = kU$ convenable. Mais alors σ n'est plus la distance explosive. Cette dernière est à peu près diminuée dans le rapport k. Par suite, avec un δ_1 donné, on peut obtenir ainsi le minimum minimorum pour le foyer.

Pour faire un calcul pratique de cette nature, il est commode d'employer un graphique (*fig.* 2) qui donne la limite du champ en fonction de δ_1 et δ_2. Nous avons donc ainsi tous les éléments nécessaires pour faire une prédétermination des éléments du premier ordre des lentilles électrostatiques.

EFFET RAMAN. — *Étude théorique et expérimentale du spectre de Raman de la dolomie.* Note de Mlle **Lucienne Couture**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié l'effet Raman sur un cristal rhomboédrique de dolomie [formule $(CO^3)^2$ MgCa; symétrie C_{3i}^2] dans les trois cas d'observation possibles [1], la lumière incidente étant naturelle.

---

[1] J. Cabannes, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 750.

Fréquence en cm^{-1}.		178.	301.	335.	724.	1099.	1444.	1754.
Polarisation et intensité	ρ_x...	1,40	9,8	0	0,09	0,02	0,63	0
	I_x...	0,75	1	0,03	0,15	1,9	0,06	0,06
	ρ_y...	1,00	0,96	0	1,10	0,37	1,06	0
	I_y...	0,9	1	0,03	0,20	2,3	0,14	0,04
	ρ_z...	1,21	1,10	–	6,3	0,18	2,0	0
	I_z...	0,65	1	0	0,08	0,5	0,04	0,04
Type.............		E_g	E_g	A_g	E_g	A_g	E_g	A_g

L'indice de ρ, facteur de dépolarisation, et de I, intensité relative, désigne la direction suivant laquelle est orienté l'axe optique du cristal (Ox direction du faisceau incident, Oy du faisceau diffusé, Oz direction perpendiculaire à Ox et Oy). Les intensités sont relatives à celle de la raie 301 cm^{-1}, prise arbitrairement égale à 1. Les différentes valeurs de ρ sont compatibles avec les règles de sélection, sauf pour la raie 178 cm^{-1} superposée à une raie d'émission du mercure. Nous avons d'autre part fait des mesures sur la calcite (symétrie D^6_{3d}) et trouvé des résultats tout à fait semblables à ceux de Michalke ([2]).

Interprétation des résultats expérimentaux. — 1° *Vibrations externes.* — Nous attribuons la raie 335 cm^{-1} à une des vibrations de type A_g permises dans la dolomie et interdites dans la calcite : la vibration, symétrique par rapport aux centres, des deux ions CO^3 de la maille parallèlement à l'axe ternaire; l'autre vibration A_g permise est une libration des ions CO^3 autour de leur axe ternaire qui doit produire une faible variation de polarisabilité. Les deux fortes raies 178 cm^{-1} et 301 cm^{-1} sont relatives, comme dans la calcite, l'une à des librations dégénérées des ions CO^3 autour d'axes situés dans leur plan, l'autre à des vibrations dégénérées de cisaillement, où les ions CO^3 vibrent sans changement d'orientation dans un plan perpendiculaire à l'axe ternaire. Ces dernières vibrations sont comparables à la vibration de fréquence 335 cm^{-1} : seule la direction de vibration est différente. Ceci conduit à attribuer à la vibration de cisaillement la fréquence 301 cm^{-1} et à la vibration de pivotement la fréquence 178 cm^{-1}. Cette attribution est semblable à celle faite par J. Cabannes ([3]) pour la calcite et contraire à celle faite par Nedungadi ([4]) pour le nitrate de sodium. La vibration de cisaillement, comme la vibration de pivotement, produit un mouvement de précession de l'ellipsoïde des polarisabilités autour de l'axe ternaire OZ.

2° *Vibrations internes.* — Sur les quatres raies permises dans le spectre de vibration interne de la dolomie, seules apparaissent les trois raies homologues de celles de la calcite; la dissymétrie pyramidale de l'ion CO^3 n'apparaît pas.

Vibration ν_1 (1099 cm^{-1}). — Les résultats sont en tout point comparables à ceux de la calcite.

Vibrations ν_3 (724 cm^{-1}) *et* ν_4 (1444 cm^{-1}). — Les facteurs de dépolarisation

([2]) *Zeits. für Phys.*, **108**, 1938, p. 758.

([3]) *Revue Scientifique*, **80**, 1942, p. 407.

([4]) *Proc. Ind. Acad. Sciences*, A, **10**, 1939, p. 197.

de ces raies ($\rho_x = 0,1$ pour ν_3 et 0,6 pour ν_4 dans la dolomie, $\rho_x = 0,3$ pour ν_3 et 0,7 pour ν_4 dans la calcite) montrent que les coefficients $\varepsilon_{YZ} = \varepsilon_{ZX}$, interdits dans les vibrations dégénérées de l'ion CO^3 libre, apparaissent dans les vibrations internes correspondantes de ces cristaux. On ne peut cependant pas conclure de façon certaine qu'il existe une perturbation de ces vibrations internes due à l'entourage cristallin, entraînant l'apparition de ces coefficients dans le tenseur relatif à chacun des ions. En effet, si, dans une vibration interne, le centre de gravité de chaque ion CO^3 reste immobile, son atmosphère électronique peut se déplacer avec l'ensemble des trois atomes d'oxygène, dont le centre de gravité décrit un cercle autour de l'axe ternaire. Les atmosphères électroniques des deux ions CO^3 de la maille exécutent un mouvement de cisaillement, semblable au mouvement de vibration externe actif en effet Raman, et qui peut être responsable de la précession de l'ellipsoïde des polarisabilités autour de l'axe ternaire, correspondant à l'apparition des coefficients ε_{YZ} et ε_{ZX}. Cette remarque montre que le tenseur relatif à une vibration interne de l'ensemble de la maille peut n'être pas seulement la somme (avec des facteurs de phase convenables) des tenseurs relatifs à la vibration correspondante de chacun des ions; si, dans une vibration interne, les atmosphères électroniques des différents ions se déplacent les unes par rapport aux autres, il peut en résulter l'apparition de coefficients dans le tenseur relatif à l'ensemble de la maille. Ces coefficients ne pourront apparaître que dans le cas où la vibration externe, se faisant sur le même schéma que les déplacements des atmosphères électroniques, produit une forte raie de Raman.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Examen du polymorphisme du nitrate d'ammonium au moyen d'accolements sur le mica muscovite*. Note (¹) de M. **Raymond Hocart** et Mlle **Agnès Mathieu-Sicaud**, transmise par M. Jacques de Lapparent.

On traite un petit fragment cristallin de nitrate d'ammonium, bien desséché, glissé dans une fente fraîche de clivage du mica. On fait décroître la température depuis la fusion.

1° *Phase* I (cubique). — Par refroidissement rapide on obtient des arborescences striées à branches rectangulaires orientées à 30° et 60° de la rangée [010] du mica, donc symétriques l'une de l'autre par rapport à la trace [100] du plan g^1 (010). Les branches allongées à 60° sont les plus fréquentes.

Par refroidissement lent les mêmes orientations se présentent, mais en quadrillage régulier.

(L'évaporation lente d'une solution chaude très peu sursaturée donne des plages à pointements cubiques très nets.)

Les paramètres du plan p (001) du mica sont : $a_0 = 5,18$ Å; $b_0 = 9,02$ Å; celui de la phase I est $a_0 = 4,40$ Å (²).

La maille carrée (100) de la phase I (multiple d'ordre 4), de côté égal

(¹) Séance du 23 juillet 1945.

(²) Hendriks, Posjnak, Kracek, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2766.

à 8,80 Å, est en coïncidence approchée avec une maille pseudo-carrée du mica (multiple d'ordre 4), construite sur les rangées [310] = 8,98 Å et [110] = 5,20 Å, qui font respectivement des angles très voisins de 60° et 30° avec la rangée [010] du mica.

L'approximation dans la coïncidence est de 2 % en moins par rapport à [310], de 15 % en moins par rapport à [110].

La première, qui est de beaucoup la meilleure, explique la fréquence de l'allongement parallèle à [310].

2° *Phase* II (quadratique). — La préparation précédente, refroidie lentement de 124° à 80°, présente de grandes plages monocristallines, orientées comme précédemment à 30° et 60° de la rangée [010] du mica et dont la biréfringence faible caractérise la phase II. Ces plages montrent des fissures fines orientées à 30° et 60° de la même rangée; les fissures à 30° sont les plus nombreuses.

Les paramètres de la phase II sont (*loc. cit.*) : $a_0 = 5{,}75$ Å; $c_0 = 5$ Å. La pseudo-maille qui se substitue à celle de la phase I est caractérisée par $a'_0 = 5{,}75/\sqrt{2} = 4{,}065$ Å; $c'_0 = c = 5$ Å. Cette pseudo-maille (110) de la phase II (multiple d'ordre 4) s'oriente de la même manière que la maille (100) de la phase I; la rangée [001] de la phase II s'alignant sur la rangée [110] du mica, la rangée [110] de II sur [310] du mica.

L'approximation est de 9,5 % en moins par rapport à [310], de 4 % en moins par rapport à [110].

Dans le passage I → II il y a eu contraction du paramètre nitrate aligné sur [310] du mica; extension du paramètre aligné sur [110].

La fréquence des fissures à 30° de la rangée [010] du mica, la rareté des fissures à 60° sont ainsi justifiées.

3° *Phase* III (orthorhombique). — La préparation est refroidie lentement de 80° à 27°. Dans ce domaine l'apparence globale des plages précédentes ne se modifie pas, mais la biréfrigence croît par rapport au domaine précédent de température, et les fissures orientées à 30° de la rangée [010] du mica s'élargissent considérablement. Les fissures à 60°, déjà fines, se rétrécissent encore jusqu'à donner de simples lignes.

Au contraire, si l'on fait croître la température, les fissures à 30° se comblent partiellement pour redonner les fissures initiales.

La maille double (100) de la phase III en superposition approchée (multiplicité 4 pour le mica) a pour paramètre (*loc. cit.*) $b_0 = 7{,}66$ Å; $c_0 = 5{,}80$ Å.

La rangée [010] de la phase III s'aligne sur [310] du mica, [001] sur [110].

L'approximation est de 15 % en moins sur [310], de 11,5 % en plus par rapport à [110].

Dans le passage II → III il y a contraction du paramètre nitrate (8,13 à 7,66) aligné suivant [310] du mica, extension du paramètre (5 à 5,8) suivant [110].

Ces modifications justifient l'élargissement des failles orientées à 30° de la rangée [010] du mica, et la tendance à la disparition des failles orientées à 60°.

CONCLUSION. — *Ces essais : a. apportent une vérification simple des paramètres absolus des phases* I, II, III *du nitrate d'ammonium;*

b. mettent en évidence d'une manière élémentaire la correspondance des plans réticulaires denses dans les phases paramorphes du nitrate d'ammonium; au plan (100) *de* I *se substituent* (110) *de* II, *puis* (100) *de* III *sur le mica.*

MINÉRALOGIE. — *Au sujet d'une précipitation de carbonate de calcium observée dans la Mer Morte.* Note de M. **LOUIS ROYER**, présentée par M. Charles Mauguin.

1. Bloch, Littman et Elazari-Volcani [1] rapportent que, le matin du 25 août 1943, toute la masse d'eau de la Mer Morte, à l'ordinaire parfaitement limpide à cette époque de l'année, présente une teinte blanchâtre et un aspect laiteux inusité. Des recherches montrent que ces changements de couleur et de transparence sont dus à la présence de fines particules de carbonate de calcium en suspension dans l'eau de mer. Un calcul approximatif indique que, dans la nuit du 24 au 25 août, environ 1 million de tonnes de carbonate de calcium s'est trouvé mélangé à la masse d'eau de la Mer Morte.

Les auteurs précités tentent vainement de donner l'explication de ce phénomène inattendu. Invoquant tantôt le vent, tantôt un tremblement de terre pour motiver cet apport massif de carbonate de calcium, ils sont amenés à abandonner successivement les différentes hypothèses et à conclure que des recherches plus détaillées sont nécessaires pour déterminer la cause des faits observés.

2. Pour ma part j'estime que ce phénomène n'a rien de mystérieux et qu'il s'explique aisément à la lumière des données océanographiques récentes.

En effet, on sait que les eaux de surface des Océans ont une tendance remarquable à tenir en solution des quantités de carbonate de calcium très supérieures à celle qui correspond à la saturation. Elles constituent ainsi des solutions fortement sursaturées en carbonate de calcium, qui peuvent se maintenir pendant un temps très long. Mais elles n'en sont pas moins en équilibre instable et un germe solide de carbonate de calcium peut provoquer la précipitation rapide et abondante de cristaux de carbonate de calcium dans de pareilles eaux. Des précipitations de ce genre ont été observées dans certaines mers tropicales peu profondes, en particulier dans les lagunes entourées de récifs de coraux.

3. Or l'eau de la Mer Morte, en dépit de sa salure particulière, a une composition chimique voisine de celle des eaux-mères des Océans. Il est donc fort probable que les conditions physicochimiques de cette mer soient analogues à celles des Océans.

---

(1) BLOCH, LITTMAN et ELAZARI-VOLCANI, *Nature*, 154, 1944, pp. 402-403.

On conçoit alors que l'apparition soudaine de cristaux de carbonate de calcium dans la Mer Morte, telle qu'elle est signalée par les auteurs précités, soit due simplement à deux causes : d'une part à l'existence, en surface de cette mer, d'une couche d'eau sursaturée en carbonate de calcium comme dans les Océans et, d'autre part, à l'arrivée de germes qui ont provoqué la précipitation du carbonate de calcium en excès.

4. Cette manière de voir me semble fortement étayée par le fait suivant : Dans les Océans la sursaturation de l'eau en carbonate de calcium n'existe que dans une couche d'eau superficielle relativement peu profonde (de l'ordre de 100^m dans l'Atlantique). Dans les régions plus profondes, l'eau n'est pas saturée en carbonate de calcium. La précipitation de cristaux de carbonate de calcium suivant le mécanisme que je viens d'évoquer ne peut donc se faire que dans une zone superficielle relativement peu profonde.

Or c'est bien ce qui s'est produit en Mer Morte. En effet, en étudiant l'intensité du trouble de l'eau de cette mer en fonction de la profondeur après le phénomène du 25 août 1943, les auteurs précités signalent que l'eau est pratiquement limpide à une profondeur de 50^m. Donc, seulement dans la couche d'eau comprise entre la surface et la profondeur de 50^m une précipitation de carbonate de calcium s'est produite, tandis que dans des profondeurs plus grandes rien ne s'est passé. C'est bien ce que l'on devait prévoir.

5. La cause du phénomène observé dans la Mer Morte et ses particularités s'expliquent donc d'une manière satisfaisante par la formation et la persistance d'une couche d'eau sursaturée en carbonate de calcium à la surface de cette mer. Le carbonate de calcium précipité n'aurait donc pas une origine extérieure à la mer, comme semblent l'admettre les auteurs précités, mais proviendrait de l'eau de mer elle-même. Quant à l'apport des germes solides qui provoquent la cristallisation de ce carbonate de calcium, il peut se faire, entre autres, par les rivières et les nombreuses sources qui déversent leurs eaux dans la Mer Morte.

Des précipitations analogues se sont produites dans le passé, puisque les profils de sondages effectués à partir du fond de la Mer Morte montrent des intercalations blanchâtres de même composition minéralogique que le trouble en suspension dans l'eau le 25 août 1943. Il y a de fortes chances pour qu'elles se renouvellent dans l'avenir, de préférence pendant la saison chaude, puisque la solubilité du carbonate de calcium diminue quand la température de l'eau de mer augmente.

Des déterminations systématiques de la teneur en carbonate de calcium des eaux de la Mer Morte en fonction de la profondeur permettront vraisemblablement d'expliquer complètement ces précipitations répétées de carbonate de calcium et d'en fixer la fréquence sous le climat actuel.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'interprétation des apports dans les séries métamorphiques et l'origine des injections pegmatitiques.* Note [1] de MM. **Pierre Lapadu-Hargues** et **André Rivière**, présentée par M. Charles Jacob.

Les recherches de l'un de nous [2] ont montré la réalité d'apports d'origine profonde dans les séries métamorphiques silicoalumineuses, même lorsque celles-ci ne présentent aucune trace visible de montées venues de la profondeur. Ces apports semblent se faire par migration à travers une phase unique, constituée par la masse rocheuse en cours de métamorphisme. La *migration effective* de nombreux éléments implique *a fortiori* la possibilité de migration des *minéralisateurs* et, en particulier, de l'eau dont la présence en profondeur est certaine et dont les éléments interviennent dans la constitution de nombreux minéraux. Dans le cas de schistes cristallins à texture homogène et sans apport individualisé, ces éléments minéralisateurs imprégneraient la roche sans y constituer une phase distincte et y existeraient, en quelque sorte, à l'état de solution solide (au moins d'un point de vue thermodynamique). Par suite des conditions de température et de pression régnant aux profondeurs où se produisent habituellement les transformations du métamorphisme, on a les plus grandes chances, au moins dans les zones inférieures ou moyennes, de se trouver dans des conditions *supercritiques*. Or on connaît le pouvoir dissolvant de l'eau dans ces conditions et l'on conçoit qu'en dehors même de son déplacement propre, elle puisse faciliter la migration à l'état d'ions des éléments solubles par un mécanisme qui ne serait peut-être pas sans analogie avec les phénomènes osmotiques.

Cette hypothèse donne une explication satisfaisante à la fois de l'extension des migrations constatées et aussi des modalités de ces migrations, modalités qui semblent être régies par la valeur des rayons ioniques des éléments. Elles permettent également de donner une explication des anomalies constatées dans la répartition de Fe^{++} et de Mg^{++}. Pour l'un de nous [3], la diminution de la teneur de ces éléments en profondeur, alors qu'ils sont abondants dans le sédiment initial, tiendrait au fait qu'ils ont été balayés dans les zones profondes par le milieu minéralisateur, qui a dû *migrer* lentement à travers la série au cours des phénomènes métamorphiques. La discontinuité observée dans les zones moyennes du métamorphisme [4] tiendrait au fait qu'à partir de ces niveaux, le solvant issu de la profondeur serait saturé en ces éléments. Cette saturation serait atteinte d'autant plus facilement que l'abaissement de pression et de température entraîne une réduction notable de la solubilité; on comprend ainsi que,

(1) Séance du 23 juillet 1945.

(2) *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 1945, I, p. 11.

(3) A. Rivière, *Bull. Soc. géol. Fr.* (séance du 18 juin 1945).

(4) P. Lapadu-Hargues, *Bull. Soc. géol. Fr.* (séance du 18 juin 1945).

dans les zones corticales, il ne se produise plus de modifications sensibles relativement à ces éléments.

Cette interprétation ne tient pas compte de la possibilité d'eaux agissant *per descensum*. Mais il nous a paru difficile d'imaginer que ces phénomènes puissent se produire dans la période active du métamorphisme, en même temps qu'une ascension de minéralisateurs en migration de bas en haut à travers la série : cette dernière ne peut évidemment avoir lieu qu'en déplaçant vers le haut l'eau d'imprégnation des sédiments.

Dans les conditions de température régnant aux profondeurs où se produisent habituellement les phénomènes métamorphiques, les minéralisateurs doivent avoir tendance à se dégager de la masse où ils étaient dissous et à présenter en quelque sorte une *tension de vapeur* relativement élevée. La solution ne peut donc persister que sous réserve d'une pression, de caractère hydrostatique ou autre, supérieure à cette tension, et c'est ce qui semble avoir été le cas pour les faciès banaux à structure homogène et sans apport visible.

Si, pour une raison quelconque, par exemple d'origine tectonique, cette pression s'est trouvée réduite, les minéralisateurs ont dû tendre à se dégager sous une pression égale à leur tension de vapeur, constituant ainsi une *seconde phase* fluide (les termes *liquide* et *gaz* ne convenant plus au-dessus de la température critique) distincte de la phase *solide* constituée par la roche. Des systèmes d'interstices ou de fissures ont pu ainsi s'ouvrir et être maintenus béants par la pression propre du fluide qui les remplissait. Comme l'a signalé l'un de nous ([2]), une telle phase fluide était évidemment très favorable à la cristallisation de ségrégations pegmatitiques, comparables à celles qui apparaissent au voisinage des magmas profonds. Il y a de grandes chances pour que beaucoup de *diadysites*, d'*embréchites* et même de gneiss d'injection se soient ainsi constitués. Ce mode de formation au sein d'un réseau de cavités occupées, simultanément à leur formation, par une phase fluide où les échanges sont faciles, permet d'expliquer l'homogénéité souvent constatée du matériel *injecté*, qu'il serait plus juste, au moins dans ce cas, d'appeler *matériel de ségrégation*. Ainsi s'expliquerait aisément la structure des migmatites, de même que des gneiss et micaschistes *injectés lits par lits*, faciès dont la genèse par apport extérieur à la roche a toujours paru peu compréhensible; toutes ces roches peuvent avoir ainsi pour origine, non une venue de l'extérieur, mais bien une ségrégation d'éléments déjà préexistants dans celles-ci et qui s'en séparent à la faveur d'une phase de rémission.

Ajoutons que l'examen des faciès cristallins qui accompagnent le socle métamorphique de régions de la Margeride et du Mont-Lozère, montre que les migmatites franches se localisent le plus volontiers le long des zones moins rigides de l'édifice cristallin. Suivant ces zones, se sont ultérieurement installés des accidents cassants qui ont rejoué à différentes époques : zone de La Canourgue-Aumont-Aubrac et de Villefort-Langogne (Lozère).

C'est le long de ces régions moins résistantes du socle qu'ont pu se manifester les abaissements de pression qui ont affecté le système rigide monophasé établi en profondeur et, de fait, c'est là que se sont localisées les belles migmatites typiques connues dans ces régions.

Ainsi cette nouvelle interprétation s'accorde avec des observations de terrain recueillies d'une manière tout à fait indépendante et elle permet de comprendre les analogies de composition chimique globale existant entre les *migmatites* et les *ectinites* des mêmes zones de métamorphisme (³).

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur les hydatides du tractus génital mâle chez* Talpa Europæa *L.* Note de M. **René Godet**, transmise par M. Maurice Caullery.

Étudiant l'organogénèse sexuelle de la Taupe (*Talpa Europæa* L.), nous avons été amené à étudier certaines ébauches hétérologues du tractus génital mâle traduisant une nette ambisexualité. Nous avons, en particulier, mis en évidence, au niveau de l'épididyme, des formations que nous rapprochons de celles connues sous le nom d'hydatides, décrites chez l'Homme et dont S. Zuckerman et P. C. Krohn (1937) ont montré, chez *Macaca mulatta*, qu'elles avaient la valeur d'éléments mullériens (¹).

Le plus fréquemment on observe, chez le mâle, dans la partie latéro-externe de la tête de l'épididyme, une vésicule close, translucide, ellipsoïdale, mesurant 700 × 800$^{\mu}$ (*fig.* B). Cette vésicule est limitée par un épithélium cylindrique bas, unistratifié, d'environ 17$^{\mu}$ de hauteur. Elle contient un liquide hyalin, dépourvu d'éléments figurés, légèrement éosinophile et se trouve encapsulée dans une trame conjonctive.

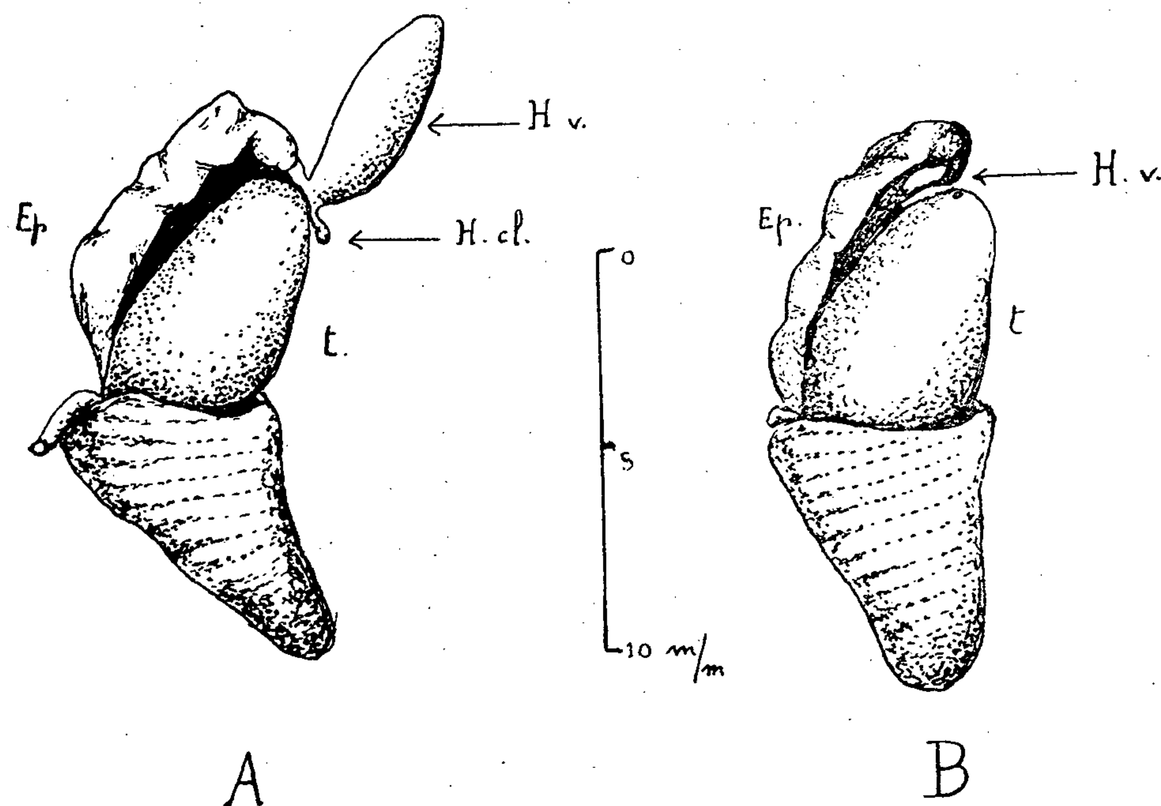
Exceptionnellement, à côté de cette formation on trouve, chez certains individus, un élément claviforme, plein, long de 200$^{\mu}$, constitué par un stroma conjonctivo-musculaire, limité par un épithélium cylindrique haut de 10$^{\mu}$ environ et formé par une ou deux couches de cellules. Quelques individus présentent les deux formations.

Dans le but de préciser la nature de ces éléments, qui topographiquement font penser aux hydatides de Morgagni, nous avons injecté à une série de Taupes mâles des hormones androgènes et œstrogènes. Pour ne pas préjuger de l'homologie de ces formations nous désignerons la première par le terme d'*hydatide vésiculaire* et la seconde par celui d'*hydatide claviforme*.

Aucune réaction notable n'a été observée à la suite du traitement par le propionate de testostérone. En revanche nous avons obtenu une hypertrophie très nette des hydatides à la suite du traitement par la déshydrofolliculine (benzo-gynœstryl).

(¹) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **228**, 1937, p. 147.

Les doses, pour les 6 animaux traités (2 jeunes immatures de 2 et 3 mois et 4 adultes), ont été de 1,5, 3,5, 5,5, 10 et 15^{mg}. Les injections sont faites à 5 jours d'intervalle, en 2 à 3 fois, et les animaux sont autopsiés de 5



Ep, épididyme; *H. cl.*, hydatide claviforme; *H. v.*, hydatide vésiculaire; *t*, testicule.

à 18 jours après l'injection initiale. Tous les animaux ont montré une rétention urinaire manifeste, qui nous a amené, dans deux cas, à sacrifier précocement les individus traités.

Macroscopiquement (*fig.* A), dans le cas le plus net, on voit se développer deux appendices claviformes, l'un, très volumineux, mesurant $1800 \times 1000^{\mu}$ et correspondant à l'hydatide vésiculaire; l'autre, plus discret ($385 \times 200^{\mu}$), massif et qui, topographiquement, représente l'hydatide claviforme. Chez les autres animaux l'hypertrophie des hydatides est plus limitée, mais dans tous les cas l'hydatide vésiculaire présente un aspect en massue caractéristique.

A l'examen microscopique on observe que l'hypertrophie résulte d'un accroissement de l'épithélium vésiculaire qui limite une volumineuse ampoule. Le développement du conjonctif est également massif. L'hydatide claviforme reste pleine, cependant que son épithélium subit une métaplasie importante.

En résumé, la Taupe mâle présente, au niveau de la tête de l'épididyme, deux formations vestigiales réagissant spécifiquement aux hormones œstrogènes et correspondant aux formes similaires décrites par Zuckerman et Krohn chez *Macaca mulatta*, où elles se trouvent également stimulées par un traitement œstrogène.

La séance est levée à 15^{h}50^{m}. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AOUT 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Edmond Sergent** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *La Vie de l'Univers*, extrait de la *Revue d'Alger*.

CORRESPONDANCE.

TÉLÉVISION. — *Contribution à la théorie de l'iconoscope.* Note de M. **René Barthélémy**, présentée par M. Camille Gutton.

L'iconoscope est, depuis plus de dix ans, le principal instrument d'analyse en télévision. Des explications successives et parfois contradictoires ont été données de son fonctionnement. L'étude que je présente aujourd'hui résume un an de recherches qui ont eu pour but d'accorder la théorie avec l'expérience.

Avant d'aborder le cas de l'iconoscope, j'ai dû effectuer le calcul du potentiel pris par une cible isolée, photosensible, soumise à un *impact* cathodique de vitesse élevée, provoquant l'émission d'électrons secondaires. Il existe deux états d'équilibre stables, fonctions de la vitesse des électrons du faisceau incident.

L'un s'établit à une valeur voisine du potentiel de la cathode (cas de l'isoscope), l'autre à une valeur légèrement supérieure à celle de l'électrode de potentiel le plus élevé (iconoscope).

Dans ce dernier cas, objet de la présente Note, j'ai admis l'hypothèse d'une courbe en cloche simple, définissant la répartition spectrale de l'émission secondaire.

Une première formule, reliant le potentiel V de la cible au temps d'application de l'impact, a été établie :

$$V = 0{,}8\,\frac{K-1}{K}\,V_m\left(1 - e^{-\frac{K i_p t}{c V_m}}\right),$$

où K est le coefficient d'émission secondaire, I_p l'intensité primaire, C la capacité de la cible par rapport à l'enceinte, supposée au potentiel zéro, et V_m vitesse maxima des électrons secondaires. Cette relation ne tient pas compte de la charge d'espace, qui intervient cependant dans la loi de montée du potentiel de la cible. J'ai donc essayé de déterminer le gradient devant cette cible, et ce pour différentes valeurs de V. Ce calcul, ayant comme point de départ les équations de Gauss et de Poisson, utilise partiellement la méthode de Child-Langmuir, mais avec des conditions différentes (vitesses initiales non négligeables et faisceau divergent).

Après diverses hypothèses simplificatrices, j'ai obtenu une relation déterminant le potentiel d'une surface en fonction de sa distance au-dessus de la cible. Elle se présente, comme dans la plupart des problèmes de charge d'espace (Langmuir, Fry, Thornston etc.), sous la forme d'une équation qu'on résout par des constructions graphiques. Celles-ci m'ont permis de figurer les principales formes de cette charge en fonction de la montée de potentiel de la cible frappée par le faisceau cathodique.

L'application de ces résultats à l'iconoscope, où le faisceau primaire est mobile, n'est pas immédiate, car il existe, sous l'impact, une grande quantité de petites cibles isolées, à des potentiels croissants, entre le front avant et le front arrière du faisceau.

La méthode a consisté à dessiner les lignes équipotentielles, au-dessus de la mosaïque, en supposant nulle la charge d'espace, et à les modifier ensuite progressivement, et dans différentes directions, à partir du point d'impact, faisant intervenir les résultats trouvés pour la cible unique. On trouve que la région de la cathode virtuelle précède légèrement le faisceau dans son mouvement. En laissant la voie ouverte à des développements plus précis, la distribution proposée permet de donner une explication assez complète du fonctionnement de l'iconoscope et des phénomènes qu'on y observe.

Un potentiel d'équilibre s'établit sur la mosaïque. Cet état comporte des plages de potentiels maxima et minima. J'ai pu déduire des études sur la cible qu'il existait un plafond supérieur, voisin de + 3 V, par rapport au potentiel d'anode, et une valeur minima, fonction de l'intensité du faisceau, comprise entre — 0V5 et + 1V5. Les expériences de Zworykin et Morton, celles de Weiss, indiquent des chiffres voisins.

Formation de la modulation. — Pour obtenir la valeur de l'impulsion sur la plaque *signal*, il faut connaître l'intervalle entre le choc, dû à l'impact, et le retour des électrons secondaires. Le calcul des temps de transit des électrons secondaires intervient, car ces temps ne sont pas infiniment petits à côté de la durée d'un *point image* dans les analyses

actuelles; on découvre un effet de traînage qui ne semble pas avoir été signalé, tout en constatant que la grande majorité du retour des électrons s'effectue en un temps inférieur à cette durée.

Je n'ai pas pu donner une explication satisfaisante du fonctionnement en négligeant la charge d'espace; son action semble indispensable pour justifier à la fois l'existence d'un état d'équilibre et d'une différence de potentiel notable entre l'avant et l'arrière du faisceau mobile.

L'intervention de la lumière se traduit par une augmentation du retour des électrons sur la mosaïque, déterminant le sens dit *négatif* de la modulation. Des considérations, basées sur l'état d'équilibre en régime permanent, et un calcul, issu d'un développement arrêté au troisième terme, m'ont procuré une formule reliant l'amplitude de modulation à l'intensité du faisceau cathodique.

L'effet photoélectrique est minime, par suite des potentiels d'accélération, qui restent en moyenne inférieurs au volt. Cette partie de l'étude aboutit à la prédétermination de la sensibilité de l'iconoscope, en fonction de l'intensité du faisceau et de l'éclairement, résultats qui cadrent avec l'expérience. On constate une limitation de l'amplitude du signal en fonction de la lumière. Le plus gros inconvénient réside dans les obscurcissements partiels des images, provenant de l'inégale redistribution des électrons secondaires.

L'étude précédente permet une explication de la position, sur la mosaïque, de ces potentiels parasites, et de leur influence sur la sensibilité de la modulation, qu'on n'avait pas mise en évidence, et qui atteint 25 %.

On déduit encore de la théorie proposée une variation de la sensibilité en fonction du rapport de la surface éclairée à la surface obscure; elle passe par un maximum quand ces surfaces sont égales.

Le travail que j'ai résumé dans cette Note, et que je publierai ultérieurement avec plus de détails, montre l'extrême complication des conditions de fonctionnement de l'iconoscope; il est remarquable qu'on ait pu, néanmoins, obtenir des images dont la finesse atteint ou dépasse même celle du cinématographe.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le calcul des poids des structures électromères.* Note (¹) de Mme **Alberte Pullman** et M. **Raymond Daudel**

S'inspirant de la méthode de Slater (²) pour le calcul des énergies moléculaires, Wheland et Pauling (³) ont mis au point une méthode de calcul des

(¹) Séance du 25 juin 1945.
(²) *Physic Rev.*, 38, 1931, p. 1109.
(³) *J. of Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 362.

chaleurs de résonance qui donne en même temps les poids des différentes formules électromères. Swartholm ([1]) a montré comment on pouvait déduire de ces grandeurs la répartition en densité du nuage électronique entourant la molécule. La méthode reste assez longue et n'a été appliquée qu'à un petit nombre de corps (benzène, naphtalène, phénanthrène, anthracène, benzanthracène).

Swartholm a simplifié la méthode en ne tenant compte que des états 1 excités. A notre avis cette manière de faire est contestable dès que les molécules utilisées sont un peu grosses. La charge électronique moyenne aux sommets carbonés, fournie par la seule considération des structures 1 excitées, est égale à $(2/n)e$ quand la molécule renferme n carbones. Si donc elles intervenaient seules, la charge de ces sommets décroîtrait très vite avec n, ce qui serait en désaccord avec les propriétés chimiques des corps considérés.

En supposant qu'au voisinage de $n=18$ la charge par sommet est peu variable, on est conduit au tableau suivant :

		Poids %.					
		Structures 1 excitées.			Structures 2 excitées.		
n.	Charge.	(A).	(B).	(C).	(D).	(E).	(F).
6.......	0,070	20	imposs.	20	10	imposs.	0
10.......	0,074	37	»	31	18	»	3
14.......	0,083	59	»	46	30	»	?
18.......	0,089	73	»	80	37	»	?
22.......	0,090	100	»	?	50	»	?
26.......	0,090	imposs.	81	?	60	19	?
30.......	0,100	»	50	?	77	50	?
34.......	0,100	»	29	?	83	71	?

(A). En supposant que seules interviennent les structures 0 et 1 excitées.
(B). » » 1 2 »
(D). » » 0 2 »
(E). » » 1 2 »
(C). Poids vrai.
(F). Poids vrai.

On voit d'après ce tableau que, pour $n=6$, 10 ou 14, on peut négliger les structures 2 excitées; elles ont ensuite sans doute une importance notable et, à partir de n 22, il semble que ce soient les structures kékuléennes qui soient négligeables.

On peut, en partant de ces idées, calculer les poids avec précision sans résoudre l'équation séculaire, à l'aide du raisonnement suivant : supposons que, d'après le tableau précédent, nous pensions que seules sont importantes les

([1]) *Arkiv for Kem. Min. Geol.*, 15 A, Ni 013, mai 1941.

stuctures n et $n+1$ excitées. Nous définirons la molécule par la formule

$$\psi=\sum_{i_1}\psi_{i_1}+Z\sum_{i_2}\psi_{i_2},$$

les indices i_1 se rapportant aux structures n excitées et les i_2 aux $n+1$ excitées. L'énergie de la molécule s'écrira

$$W=Q+\frac{b+dZ+fZ^2}{a+cZ+eZ^2}\alpha,$$

en posant

$$\sum\psi_{i_1}^{\star}H\psi_{i_1}=aQ+b\alpha;\qquad \sum\psi_{i_1}^{\star}H\psi_{i_2}=cQ+d\alpha;\qquad \sum\psi_{i_2}^{\star}H\psi_{i_2}=eQ+f\alpha.$$

La condition de minimum donne alors

$$Z=\frac{-(af-eb)\pm\sqrt{(af-eb)^2-(cf-ed)(ad-bc)}}{cf-ed}.$$

On pourra d'ailleurs simplifier le calcul des ΣH_{ij} en découpant la matrice H en petits domaines, où les H_{ij} seront supposés identiques.

GÉOLOGIE. — *Sur le Précambrien marocain.* Note [1] de M. Georges Choubert.

J'ai parlé [2] du Précambrien de l'Anti-Atlas en utilisant les termes en usage, introduits dans la géologie marocaine par L. Neltner [3]. Je proposerai dans celle-ci une nomenclature nouvelle mieux appropriée aux faits connus actuellement.

1. Tout d'abord l'Archéen franc, c'est-à-dire l'immense série granito-gneissique, affectée généralement par un métamorphisme intense (zone cata), qui constitue la majeure partie du socle Africain (Suggarien de C. Kilian), ainsi que des boucliers Laurentien, Finno-Scandinave et Sibérien, n'est pas connu au Maroc. On doit réserver ce terme au substratum du massif d'Yetti-Karett situé de l'autre côté du synclinal de Tindouf et formé de granites et de granito-gneiss variés. Par contre la série cristallo-phylienne la plus ancienne de l'Anti-Atlas, appelée *Archéen* par L. Neltner, comporte toute une gamme de schistes dont le terme ultime ne dépasse guère le stade des micaschistes (zone méso) et dont les termes les moins

---

[1] Séance du 23 juillet 1945.

[2] G. Choubert, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 289, 332 et 561; **221**, 1945, pp. 109 et 182.

[3] *Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc*, **42**, 1938, pp. 58-62.

métamorphiques sont des schistes noirs légèrement phylliteux (zone épi). Des roches d'allure ou de nature gneissique qu'on peut y rencontrer sont ou bien des gneiss d'injection, ou bien des granites écrasés et métamorphisés (orthogneiss épi et méso). Je propose d'appeler cette série le *Précambrien I* ou *série des Zenaga*, du nom de la principale tribu habitant la cuvette de Tazenakht dont le substratum est entièrement formé par cette série. Je rappellerai que le Précambrien I comporte deux venues granitiques : le granite mésocrate d'Azguemerzi et le granite leucocrate de Tazenakht ([2]), ainsi que, vraisemblablement, une première venue de dolérites. Cette activité magmatique correspond à une époque orogénique ayant donné naissance à la *première chaîne précambienne* connue au Maroc.

2. Le deuxième terme du Précambrien marocain, appelé Algonkien par L. Neltner, sera le *Précambrien II* ou *série de Kerdous*, car c'est elle qui constitue la majeure partie de la tache de Kerdous depuis les massifs quartzitiques d'Imzi et de Lkst au Nord jusqu'au Tazeroualt au Sud ([4]). Dans le massif du Drâ inférieur elle fut appelée par J. Bourcart le *Mauritanien* ([5]). On sait qu'elle est constituée de quartzites et de schistes peu métamorphiques (ne dépassant pas la zone épi). Elle peut comporter à sa base tantôt (Siroua) un complexe de conglomérats et de laves correspondant à la période de destruction de la chaîne précédente ([2]), tantôt (Taghdout) des calcaires fossilifères et des jaspes ([2]).

L'époque du Précambrien II se termine par l'érection d'une deuxième chaîne qui n'est autre que la *dernière grande chaîne précambrienne*, connue à travers le monde entier et à laquelle on réserve parfois l'appellation de chaîne huronienne. Elle comporte quatre venues éruptives principales. La première (gabbros et roches mères des serpentines) est antérieure au métamorphisme général ([2]). La deuxième (granite de Tazeroualt) est syntectonique et contemporaine du même métamorphisme ([3]). La troisième est la principale venue des dolérites. Rarement écrasées, celles-ci se présentent en filons dans les schistes et les granites, sous forme de remplissages de failles et surtout de cœurs d'anticlinaux dans les massifs quartzitiques. Enfin la quatrième venue est celle du granite posttectonique de Tafraout ([3]).

3. Comme J. Bourcart ([6]) je suis conduit à considérer comme précambrienne et appeler *Précambrien III* ou *série d'Ouarzazate*, la série de conglomérats et de laves classée jusqu'à présent dans le Géorgien inférieur et

---

([4]) G. Choubert et L. Neltner, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1393.

([5]) *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 7, 1937, p. 242.

([6]) *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 4, 1934, p. 201; *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 8, 1935, pp. 120-121; *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 6, 1936, p. 232.

décrite sous le nom de *série inférieure* par L. Neltner [7]. Elle se compose d'une succession de complexes *non métamorphiques* comportant des formations continentales (conglomérats, brèches, grès rouges ou violets et quelques rares accidents calcaires) alternant avec des coulées de rhyolites et d'andésites accompagnées de leur cortège volcanique habituel (brèches, tufs, etc.). Comme le Keweenaw, avec lequel ses ressemblances sont frappantes, les grès de Torridon et le Jotnien, qui eux aussi ne sont pas touchés par le métamorphisme général, le Précambrien III est le produit de destruction de la *dernière* chaîne précambrienne érigée à la fin du Précambrien II. Comme je l'ai dit ailleurs [2], il joue par rapport à cette chaîne le même rôle que le Permo-Trias par rapport à la chaîne hercynienne. La série d'Ouarzazate comporte une suite de phases tectoniques posthumes, de moins en moins importantes, suivies d'épisodes d'aplanissement et traduites par des discordances. La première peut redresser à la verticale (Issougri, Tifernit) ou plier en genou (Oued Zaouïa Sidi Blal) les complexes laviques les plus anciens. La dernière, immédiatement antérieure à la transgression géorgienne, n'est visible que localement et ne donne lieu en général qu'à une concordance apparente (accordance).

Les éruptions volcaniques se sont prolongées localement après la transgression géorgienne [2] et ont pu durer à travers toute la première phase de cette transgression (série des calcaires inférieurs) [8]. Elles n'ont cessé qu'avec la phase régressive, traduite par le dépôt de la série des schistes violets. Ainsi, tout comme pour le Keweenaw, dans les régions extérieures à la zone envahie par les calcaires inférieurs, le régime continental et volcanique qui caractérise le Précambrien III a pu se continuer jusqu'au milieu des temps géorgiens.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

---

(7) *Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc*, 42, 1938, pp. 89-95.

(8) G. Choubert, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 69.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1945.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1945, publiée par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1945; 1 vol. 24^{cm}.

Contribution à l'étude pétrographique des roches cristallines et métamorphiques de la Mauritanie, par ÉLISABETH JÉRÉMINE. Extrait du *Bulletin* n° 6, *du Service des Mines de l'A. O. F.* Dakar, 1942; 1 fasc. 27^{cm},2.

Sur quelques roches du Tasiast, par ÉLISABETH JÉRÉMINE. Extrait du *Bulletin* n° 6, *du Service des Mines de l'A. O. F.* Dakar, 1942; 1 fasc. 27^{cm},2.

Note préliminaire sur les roches éruptives et métamorphiques recueillies par F. JACQUET *dans le Sahara occidental, par* ÉLISABETH JÉRÉMINE et MAURICE NICKLÈS. Extrait du *Bulletin* n° 6, *du Service des Mines de l'A. O. F.* Dakar, 1942; 1 fasc. 27^{cm},2.

The Discovery of the orgone. Volume I. *The Function of the orgasm. Sex-economic problems of biological energy*, par WILHELM REICH. New York, Orgone Institute Press, 1942; 1 vol. 23^{cm}.

La vie de l'Univers, par EDMOND SERGENT. Extrait de la *Revue d'Alger*, n° 6. Alger, Ancienne Imprimerie V. Heidtz, s. d.; 1 fasc. 24^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 SEPTEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur BLAS CABRERA,
par M. **MAURICE DE BROGLIE**.

BLAS CABRERA était né en 1878 aux Iles Canaries et s'était fait connaître de bonne heure par ses travaux sur le magnétisme, mais c'est surtout à partir de 1912 que son activité s'est tournée vers la magnétochimie, qui lui doit de grands progrès.

Dans un ensemble de travaux importants il s'est surtout attaché à la mesure des moments magnétiques atomiques dans les ions chimiques, en particulier pour les sels de fer, de nickel et de chrome. Il a pu ainsi mettre en évidence la marche du paramagnétisme dans la famille du fer et la rattacher au développement des étages d'électrons qui entourent le noyau.

Ceci l'amenait naturellement à procéder à une étude d'ensemble du magnétisme dans ses rapports avec le système périodique des éléments, en soulignant l'allure si intéressante de la famille des terres rares dans ce domaine. La question difficile des champs moléculaires fit également l'objet de ses recherches qui purent en éclairer certains points obscurs.

Blas Cabrera était professeur à l'Université de Madrid; il tenait une place importante dans les réunions scientifiques internationales. Quand l'Institut de Recherches Physiques et Chimiques de Madrid fut édifié vers 1930, il en fut le premier directeur, mais malheureusement les troubles intérieurs de son pays ne lui permirent pas d'en diriger longtemps les travaux; il dut quitter l'Espagne pour venir en France, où il résida presque continuellement dans la dernière partie de sa vie.

L'Académie des Sciences l'avait élu, en 1928, Correspondant pour la Section de Physique générale. Il quitta notre pays vers le milieu de l'occupation allemande pour tenter de retourner vers son île natale; mais il ne dut pas pouvoir y rester, car on vient d'apprendre sa mort, survenue à Mexico, le 1er août 1945. La France perd en lui un ami sincère et la Physique un savant original et profond.

M. **Albert Pérard** fait hommage à l'Académie du tome XX des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*.

Ce volume comprend : *L'échelle des thermomètres à gaz*, par MM. Wilhelmus Hendrikus Keesom et W. Tuyn; *Comparaison internationale des échelles de température entre* 660° *et* 1063°, par MM. W. F. Roeser, F. H. Schofield et H. A. Moser; *Étude des étalons en quartz, témoins de l'unité métrique internationale. Valeurs. Dilatabilités. Indices*, par M. Albert Pérard; *Comparaisons de thermomètres étalons. Thermomètres en verre dur, thermomètres à réservoir en verre d'Iéna* 16^{III} *et tige en verre vert*, par M. Albert Bonhoure; *Première vérification périodique des Mètres prototypes nationaux et détermination de quelques nouveaux prototypes*, par MM. Albert Pérard, Louis Maudet et Charles Volet; *Introduction au calcul des inductances*, par M. Miroslaw Romanowski.

Chacun des principaux ouvrages de ce volume, sauf le dernier, a déjà été présenté à l'Académie. Quant à celui-ci, c'est le premier qui se rapporte à l'électricité, l'un des nouveaux domaines offert à l'activité du Bureau international par les dernières Conférences et Comités.

Sans doute des travaux pratiques de coordination internationale sur l'ohm et le volt ont été exécutés déjà depuis quelques années; mais le compte rendu de ces expériences n'a pas encore été établi avec tous les détails qu'exigent les *Travaux et Mémoires*.

Quant à la réalisation des unités électriques absolues, elle comporte plusieurs domaines où l'expérience acquise par les métrologistes dans les travaux les plus divers des mesures de longueurs peut jouer un rôle utile pour l'obtention de la précision finale. Quelle que soit la nature du problème qui pourrait être soumis au Bureau international (réalisation complète ou simplement travaux de coordination), il est indispensable que le physicien chargé de l'étudier connaisse en détail le point où se fait le passage du *mètre au henry*, c'est-à-dire le calcul de l'inductance d'un circuit à partir de ses dimensions géométriques.

Le but de l'étude au cours de laquelle a été rédigé le présent Mémoire était de reconnaître quel type de circuit est calculable avec la plus haute précision, et quel est le degré de cette précision. Ce Mémoire n'est d'ailleurs qu'une introduction dispensant le lecteur d'une bibliographie compliquée et absorbante. Il comprend une mise au point des formules fondamentales concernant l'énergie des conducteurs à section transversale non négligeable. Ce domaine, qui a pourtant été déjà exploré par un nombre considérable de physiciens et de mathématiciens, semble n'avoir jamais été présenté sous la forme coordonnée et systématique que lui donne M. Romanowski dans son Mémoire.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L.-A. Beckerich. *La fiche d'ensoleillement du site et du bâtiment, pour les reconstructeurs de demain. Exposé préliminaire de principes.*

2° Georges Destriau. *Physique appliquée des installations à rayons X. Production et dosimétrie. Préface de* Marcel Pauthenier.

ASTROPHYSIQUE. — *Découverte d'une nova dans la constellation de l'Aigle.* Note de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. Charles Fabry.

Ayant entrepris la recherche systématique des novæ dans les constellations de l'Aigle et du Sagittaire, j'examinais, dans la matinée du 28 août dernier, deux plaques prises à l'Observatoire de Meudon le dimanche 26 août à 20^h50^m T. U. et posées sur λ Aquilæ (temps de pose 15 minutes), quand je découvris une étoile de 7ᵉ grandeur environ qui n'était pas sur deux autres plaques prises le 11 août. J'alertais donc le Service méridien de l'Observatoire de Paris à midi et télégraphiais à l'Observatoire d'Uccle dans l'après-midi pour obtenir confirmation.

J'ai réobservé cette étoile le 28 août au soir, malgré un ciel assez peu favorable. J'ai néanmoins obtenu trois bons clichés avec trois instruments différents, Triplet Zeiss $F = 120^{cm}$, Dogmar Gœrz $F = 50^{cm}$, Saphir Boyer $F = 17^{cm}$ et un temps de pose de 65 minutes. Le ciel se couvrant, je n'ai pas pu obtenir de spectre. Avec M. R. Servajean j'ai fait une estimation d'éclat à 20^h10^m T. U., par comparaison avec deux étoiles proches, BD + 0°4166 et BD + 0°4170 dont les magnitudes sont respectivement de 6,52 et 6,74, d'après le *Henry Draper Catalogue*. Nos observations concordent pour donner une magnitude visuelle de 6,6. L'étoile, dans le chercheur de Prazmowski utilisé pour cette estimation photométrique, était de couleur blanc bleuâtre.

Je télégraphiais à l'Observatoire de Copenhague dans la matinée du 29 août pour donner mes observations des 26 et 28 août. Au soir du 29, le ciel était couvert. Un télégramme de M. Strömgren, reçu à l'Observatoire de Meudon le 30 août, nous apprit que l'étoile nouvelle avait été découverte indépendamment, deux jours après moi, par M. Tamm, le 28 août à 19^h30^m T. U.

Un spectre a pu être obtenu en Suède. Il montre un fond continu intense et des raies d'émission. Il s'agit donc bien d'une nova et probablement d'une nova ayant dépassé de peu son maximum.

Dans la nuit du 30 août, le ciel était couvert avec orage passant au Sud, mais j'ai pu profiter d'une éclaircie assez belle à 22^h50^m pour prendre trois autres clichés avec les mêmes instruments que plus haut et une durée de pose de 26 minutes. Une estimation d'éclat, à 23^h25^m T. U., par comparaison avec l'étoile BD + 0°4170 et une autre étoile de la BD + 0°4173 ($m = 8,9$), m'a donné une magnitude de 7,0, montrant que la nova avait légèrement faibli.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie des grandeurs non simultanément mesurables*. Note [1] de M. **Olivier Costa de Beauregard**.

On sait que la théorie primitive des grandeurs p et q de Heisenberg était donnée dans le cas d'une répartition de probabilité de Gauss [2]; dans le cas général, Pauli a montré que $h/4\pi$ est la borne inférieure du produit $\Delta p\,\Delta q$ des écarts quadriques moyens (dispersions) autour des valeurs moyennes $\bar{p}$ et $\bar{q}$ [3]; Robertson a donné de ce résultat une démonstration abstraite [4] qui permet de l'étendre aisément au cas général des opérateurs hermitiens R et S non commutables; une autre généralisation, immédiate, consiste à prendre arbitraires (mais fixes) les origines r_0 et s_0 des dispersions $\varepsilon = \Delta r$ et $\eta = \Delta s$. Finalement, $\psi = \psi(x, t)$ désignant la fonction d'onde du système, le théorème statistique général s'exprimera par les relations [5]

$$2\varepsilon(t)\,2\eta(t) \geqq |\bar{q}|(t), \qquad \bar{q}(t) = (\psi,\, 2i[\mathrm{SR}-\mathrm{RS}]\psi);$$

on reconnaît en $\bar{q}(t)$ la valeur moyenne de la grandeur dont l'opérateur hermitien est $2i[\ ]$. En général $\bar{q}(t)$ varie avec $\psi(t)$, soit du fait de l'évolution du système, soit, d'une manière discontinue, à l'instant t_0 d'une mesure; dans le cas particulier très important où l'opérateur $2i[\ ]$ est un nombre constant q_0, $\bar{q}(t)$ reste identiquement égale à q_0. Enfin remarquons que c'est virtuellement seulement que les dispersions $\varepsilon(t)$ et $\eta(t)$ sont attachées à un *même* système physique; les opérateurs R et S étant distincts, une mesure portant sur *un* système devra faire jouer un seul d'entre eux.

On peut aborder la question d'une manière différente. Soient δr et δs deux intervalles à bords nets arbitrairement choisis dans les spectres r et s, et supposons qu'à l'instant t_0 l'on fasse sur *un* système physique une mesure équivalant à la question : « la valeur de r est-elle dans δr, et celle de s dans ds? », question que nous désignerons symboliquement par « δr et δs ? ». Les opérateurs R et S ne commutant pas, les projecteurs $\delta\mathrm{F} = \mathrm{F}$ et $\delta\mathrm{G} = \mathrm{G}$ attachés aux intervalles δr et δs ne commuteront qu'accidentellement; la théorie de la question est alors celle que nous avons donnée antérieurement, en montrant qu'elle implique une logique à trois valeurs [6]. I désignant le projecteur de l'intersection des variétés linéaires fermées dont les projecteurs sont F et G, la probabilité de la réponse *oui* sera

$$\varpi(t) = (\psi,\, \mathrm{I}\psi) \equiv \|\mathrm{I}\psi\|^2;$$

si la probabilité *a priori* $\varpi(t_0 - 0)$ n'est pas nulle, une réponse *oui* peut survenir, qui la transformera en certitude : $\varpi(t_0 + 0) = 1$. Si l'on considère une suite de

(1) Séance du 16 juillet 1945.

(2) *Zeits. f. Phys.*, **43**, 1927, pp. 179-180.

(3) Voir H. Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, pp. 66-67, Leipzig, 1928.

(4) Voir J. v. Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, pp. 123-124, et note **131**, p. 251, Berlin, 1932.

(5) Nos notations sont celles qui sont classiques en théorie de l'espace de Hilbert.

(6) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 175.

couples d'intervalles δr et δs dont chacun englobe le précédent, $w(t_0 - 0)$ est une fonction non décroissante; mais il est clair qu'aucune loi générale n'entraîne $w(t_0 - 0) = 0$ si $\delta r \delta s = |\bar{q}(t_0 - 0)|$.

Pour préciser la relation entre les grandeurs $\bar{q}(t_0 \pm 0)$ et $w(t_0 \pm 0)$, faisons coïncider les origines r_0 et s_0 des dispersions avec les milieux des intervalles δr et δs. A. Si $\delta r \delta s < |\bar{q}(t_0 - 0)|$, on peut affirmer que $w(t_0 - 0) < 1$, autrement dit que la réponse ne sera pas certainement *oui*. Dans le cas particulier très important où $2i[\ ] = q_0$, la réponse *oui* est impossible, parce que son obtention entraînerait l'inégalité impossible $|\bar{q}(t_0 + 0)| < q_0|$ (7). B. Si $\delta r \delta s \geq |\bar{q}(t_0 - 0)|$, la théorie ne s'oppose pas à ce que la réponse puisse être certainement *oui*; mais, pour deux raisons, elle n'affirme pas positivement la possibilité d'une réponse *oui* : α. $|\bar{q}(t)|$ est seulement une borne inférieure du produit des dispersions. β. La question « δr et δs ? », posée à *un* système $\psi(t)$, implique une restriction plus forte que le théorème statistique.

EXEMPLES. — 1° *Moments cinétiques orthogonaux.* — Lors d'une tentative de mesure simultanée de M_x et de M_y, la borne statistique vaut $h|\bar{m}_z|/\pi$. On s'assure, en développant $\psi(t_0 - 0)$ sur le système des fonctions propres de l'opérateur M_z, que, si $\bar{m}_z(t_0 - 0) \neq 0$, la probabilité d'une réponse *oui* à la question « $m_x = 0$, $m_y = 0$? » est inférieure à 1, mais non nécessairement nulle; et que, si $\bar{m}_z(t_0 - 0) = 0$, cette probabilité peut être égale à 1, ceci pour un $\psi(t_0 - 0)$ à symétrie sphérique.

2° *Grandeurs canoniquement conjuguées x et p_x.* — On s'assure, à l'aide d'une transformation du ψ par l'intégrale de Fourier, que la question « δx et δp_x ? » posée avec deux intervalles doublement bornés ne peut pas recevoir la réponse *oui*. C'est donc au sens fort, ici, qu'il est interdit de *tenter* la mesure simultanée de x et de p_x.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation sur un câble comportant seulement de la résistance et de la capacité, ces paramètres étant fonctions de l'espace et satisfaisant à certaines relations.* Note de M. **Maurice Parodi**.

Soient $i(x, t)$ et $v(x, t)$ l'intensité du courant et la tension au point d'abscisse x, au temps t; si $R(x)$ et $c(x)$ sont les paramètres de la ligne, les équations de propagation s'écrivent

$$(1) \qquad Ri = -\frac{\partial v}{\partial x}, \qquad c\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial i}{\partial x}.$$

Représentons par $I(x, p)$ et $V(x, p)$ les transformées de Laplace de $i(x, t)$ et $v(x, t)$; en supposant la ligne au repos à l'origine des temps, le système transformé de (1) conduit à l'équation en $V(x, p)$

$$(2) \qquad \frac{1}{Rc}\frac{d^2V}{dx^2} - \frac{R'}{R}\frac{1}{cR}\frac{dV}{dx} - pV = 0.$$

(7) Cette remarque capitale est de M. L. de Broglie.

Nous allons chercher à quelle relation doivent satisfaire c et R pour que l'équation (2) puisse, par un changement de variable $x=\varphi(\tau)$, être ramenée à une équation à coefficients constants.

On sait qu'il faut pour cela que l'on ait

$$(3)\qquad -2\frac{R'}{R}\frac{1}{cR}-\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{cR}\right)=\lambda\frac{1}{\sqrt{cR}},$$

λ étant une constante.

L'équation (3) conduit à la relation

$$(4)\qquad R=\frac{4c}{\left(\lambda\int_0^x c\,dx+\mu\right)^2},\qquad \mu=\text{const.}\quad (^1).$$

Le changement de variable $x=\varphi(\tau)$ est d'autre part défini par la relation

$$\frac{dx}{d\tau}=\frac{1}{\sqrt{cR}}=\frac{\lambda\int_0^x c\,dx+\mu}{2c},$$

d'où l'on tire

$$(5)\qquad \tau=\frac{2}{\lambda}\,\mathrm{Log}\left(\lambda\int_0^x c\,dx+\mu\right).$$

Compte tenu de (4), l'équation (2) s'écrit sans difficulté, et en faisant le changement de variable (5), cette équation devient

$$\frac{d^2V}{d\tau^2}+\frac{\lambda}{2}\frac{dV}{d\tau}-pV=0.$$

Après résolution et retour à la variable x, on obtient

$$V(x,p)=e^{-\frac{1}{2}\mathrm{Log}\left(\lambda\int_0^x c\,dx+\mu\right)}\left\{c_1\,e^{\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\left(\lambda\int_0^x c\,dx+\mu\right)}+c_2\,e^{-\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\left(\lambda\int_0^x c\,dx+\mu\right)}\right\}.$$

Supposons, à titre d'exemple, une ligne en court-circuit de longueur L et soit E(t), d'image $\psi(p)$, la force électromotrice appliquée à l'origine de la ligne.

En posant

$$f(x)=\lambda\int_0^x c\,dx+\mu,$$

la solution, compte tenu des conditions aux limites, s'écrit

$$V(x,p)=\psi(p)\sqrt{\frac{f(0)}{f(x)}}\left\{\frac{e^{-\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\frac{f(x)}{f(0)}}}{1-e^{-\frac{2}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\frac{f(L)}{f(0)}}}-\frac{e^{-\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\frac{f(L)^2}{f(0)f(x)}}}{1-e^{-\frac{2}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\frac{f(L)}{f(0)}}}\right\},$$

(1) Nous supposerons dans ce qui suit λ et μ positifs.

ou encore

$$\mathrm{V}(x, p) = \sqrt{\frac{f(0)}{f(x)}} \left\{ \sum_{n=0}^{n=\infty} \psi(p)\, e^{-\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\,\frac{f(x)f(\mathrm{L})^{2n}}{f(0)^{2n+1}}} - \sum_{n=1}^{n=\infty} \psi(p)\, e^{-\frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{4}+4p}\,\mathrm{Log}\,\frac{f(\mathrm{L})^{2n}}{f(x)f(0)^{2n-1}}} \right\}.$$

Les termes figurant dans les sommes sont de la forme

$$\psi(p)\, e^{-\alpha(x)\sqrt{p+\beta^2}} = \psi(p)\left[1 - (p+\beta^2)\,\frac{1 - e^{-\alpha(x)\sqrt{p+\beta^2}}}{p+\beta^2}\right].$$

Or

$$\frac{1 - e^{-\alpha(x)\sqrt{p+\beta^2}}}{p+\beta^2} \subset e^{-\beta^2 t}\,\mathrm{erf}\left(\frac{\alpha(x)}{2\sqrt{t}}\right).$$

Il s'ensuit que l'original de chaque terme est du type

$$\mathrm{E}(t) - \left(\frac{d}{dt} + \beta^2\right) \overline{\mathrm{E}(t) \overset{\star}{} e^{-\beta^2 t}\,\mathrm{erf}\left(\frac{\alpha(x)}{2\sqrt{t}}\right)},$$

* étant le symbole du produit de composition.

L'expression de la tension est donc connue; le calcul de l'intensité du courant s'effectue en utilisant la première équation du système (1).

Remarque. — Une relation analogue à (4), où $l(x)$ remplace $\mathrm{R}(x)$, permet d'étudier la propagation sur une ligne présentant seulement de la self-inductance et de la capacité; cette relation comporte, comme cas particulier, celle que suppose l'étude d'une ligne exponentielle [2].

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la synthèse du méthanal par oxydation ménagée du méthane par l'air à la pression atmosphérique. Caractères expérimentaux de la réaction globale.* Note de MM. **Marcel Patry** et **Pierre Monceaux**.

Cette Note concerne des essais réalisés par la méthode du courant gazeux. Les rendements se rapportent à un seul passage dans le tube à réaction, dans des conditions expérimentales aussi bien définies que possible. Le rôle de la température, celui du temps de contact et celui de la composition du mélange gazeux réactionnel ont été étudiés.

Les résultats résumés par les tableaux I à IV ont été obtenus dans un tube de quartz transparent de $1^{cm},8$ de diamètre et 100^{cm^3} de volume utile. Ce tube comporte une gaine axiale destinée à recevoir un couple thermoélectrique. La température de l'expérience est assez difficile à définir, surtout pour les débits importants. On adopte comme température de l'essai une température inférieure à la température maximum et voisine de la température moyenne calculée mathématiquement. La température maximum diffère de la température adoptée de 20° environ pour les faibles débits (50^{l} à l'heure) et de 75° pour les grands débits (300^{l} à l'heure).

L'étude de la réaction globale comporte deux types de déterminations, tout d'abord le dosage du méthanol formé, ensuite l'établissement du bilan chimique de la réaction.

Synthèse du méthanal. — Dans nos essais, le méthanal est le seul composé

(2) Wagner, *Archiv für Elektrotechnik*, 36, II, 1942, p. 69.

organique oxygéné que nous ayons pu mettre en évidence. Le tableau ci-dessous donne le rendement en aldéhyde exprimé pour 100 de carbone du méthane transformé en méthanal, en fonction du temps de contact. Chaque tableau se rapporte à un mélange défini air-méthane. Pour les mélanges situés dans la zone d'inflammabilité, nous avons constaté que le rendement en méthanal tombait à zéro dès l'apparition de la flamme.

Méthane 10 % ; air 90 %.

Température...	500°.			600°.				700°.				800°.
A.....	1″06	2″13	4″26	0″64	0″95	1″9	3″8	0″56	0″84	1″68	3″36	0″51
B.....	0,02	0,04	0,02	0,015	0,04	0,09	0,06	0,20	0,30	0,54	0,67	1,05

Méthane 20 % ; air 80 %.

Température...	500°.			600°.				700°.				800°.			
A.....	1″06	2″13	4″26	0″64	0″95	1″9	3″8	0″56	0″84	1″68	3″36	0″51	0″76	1″53	3″06
B.....	0,02	0,15	0,02	0,01	0,06	0,20	0,07	0,46	0,62	0,47	0,41	0,84	0,89	0,76	0,36

Méthane 30 % ; air 70 %.

Température...	600°.				700°.				800°.				900°.			
A.....	0″64	0″95	1″9	3″8	0″56	0″84	1″68	3″36	0″51	0″76	1″53	3″06	0″46	0″7	1″4	2″8
B.....	0,015	0,025	0,05	0,12	0,24	0,42	0,41	0,36	0,59	0,57	0,59	0,17	0,12	0,12	0,14	0,05

Méthane 70 % ; air 30 %.

Température...	600°.				700°.				800°.				900°.		
A.....	0″64	0″95	1″9	3″8	0″56	0″84	1″68	3″36	0″51	0″76	1″53	3″06	0″46	0″7	1″4
B.....	0,015	0,01	0,04	0,09	0,08	0,10	0,15	0,12	0,18	0,18	0,10	0,07	0,14	0,11	0,04

A, temps de contact; B, rendement en % de carbone transformé en méthanal.

De l'examen de ce tableau on peut tirer les conclusions suivantes :

a. Le rendement en méthanal reste toujours faible.

b. Chaque série isotherme présente un maximum, qui correspond à un temps de contact d'autant plus faible que la température est plus élevée.

c. Toutes conditions égales par ailleurs, le rendement maximum croît avec la température, tout au moins au-dessous de 800°.

d. Dans les essais réalisés au-dessous de 700°, la composition du mélange gazeux a peu d'influence; les proportions les plus favorables correspondent à 20 % de méthane. Pour les températures plus élevées, les rendements les meilleurs sont obtenus avec les mélanges les plus pauvres en méthane.

Bilan chimique. — Partant d'un mélange réactionnel comprenant uniquement du méthane et de l'air, on arrive très vite, même pour des températures relativement faibles (600°), à un mélange complexe de CO, H^2, H^2O, CH^4, O^2, contenant de petites quantités de méthanal.

L'oxygène initial disparaît d'autant plus vite que la température est plus élevée et la concentration en méthane plus grande. Le tableau ci-après reproduit quelques analyses complètes du mélange réactionnel à différents stades de la réaction. Il met en évidence la formation très rapide de CO

et H^2. Le rapport CO/H^2 formé (supérieur à 1) est très différent de celui (voisin de 1/2) obtenu au contact d'un catalyseur d'oxydation ([1]). La consommation de méthane est tout à fait régulière, d'autant plus forte que la concentration initiale en oxygène est plus grande et que la température est plus élevée.

Température 700°.

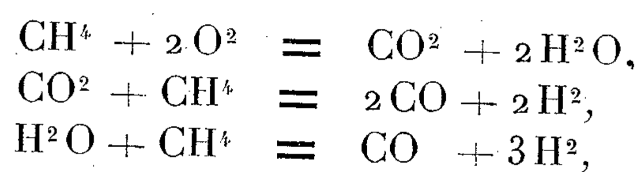
Composition du mélange gazeux avant réaction. O^2	19				16,8				14			
CH^4	9,6				19				30			
N^2	71,4				64,2				56			
Temps de contact	0″56	0″84	1″68	3″38	0″56	0″84	1″68	3″38	0″56	0″84	1″68	3″38
Composition du mélange gazeux après réaction. CO^2	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,2	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,6
O^2	18,8	18,2	13,6	4,4	14,0	11,4	6,0	4,2	0,4	0,2	0	0
CO	0,0	0,0	4	3	2,0	4,4	7,8	9,8	14,2	14,4	13,8	13
H^2	1,6	1,6	3,2	1,7	3,3	–	5	5,6	4	3,3	4	4,1
CH^4	9,5	8,2	7,4	3,2	17,4	16,8	14,3	11,4	19,1	16,2	16,5	15
N^2	70,1	72	71,8	82,7	63,3	67,2	65,9	68	62,3	65,9	65,7	67,3

La réaction globale de combustion ménagée du méthane est donc très complexe. A la réaction de formation du méthanal



$$CH^4 + O^2 = HCHO + H^2O$$

se superposent les réactions



$$CH^4 + 2O^2 = CO^2 + 2H^2O,$$
$$CO^2 + CH^4 = 2CO + 2H^2,$$
$$H^2O + CH^4 = CO + 3H^2,$$

auxquelles s'ajoutent une série de réactions secondaires dont la plus importante paraît être



$$2H^2 + O^2 = 2H^2O.$$

Il faut tenir compte également des réactions de destruction du méthanal.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur un facteur de stabilisation dans le polymorphisme du nitrate d'ammonium.* Note de M. **Raymond Hocart** et Mlle **Agnès Mathieu-Sicaud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons indiqué ([1]) l'existence d'accolements des phases I, II, III du nitrate d'ammonium sur le mica muscovite.

On pouvait se demander si ces accolements à haute température se retrouveraient à température ordinaire par stabilisation des phases. L'expérience montre que l'introduction de 1 à 2 % de certaines impuretés conduit à cette stabilisation et pour la phase II à un accolement nouveau. On opère par fusion ou par évaporation d'une solution chaude.

1. *Phase* I (cubique), $a_0 = 4{,}40$ Å. On a essayé divers corps de symétrie cubique dont les paramètres sont voisins de ceux du nitrate.

([1]) Prettre, Perrin et Eichner, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 621.

([1]) *Comptes rendut*, **221**, 1945, p. 237.

a. ClCs $a_0 = 4,20$ Å, FNa $a_0 = 4,62$ ne s'orientent pas eux-mêmes sur le mica;

b. Br NH^4 $a_0 = 4,04$ Å, $ClNH^4$ $a_0 = 3,86$, INH^4 $a_0 = 7,24$ s'accolent individuellement;

c. l'efficacité de ces divers stabilisants est très bonne pour ClCs, qui stabilise la phase I (isotropie se conservant à température ordinaire plusieurs heures, en l'absence d'humidité excessive) sous forme d'arborescences striées à branches rectangulaires. Le paramètre de ClCs est de 4,5 % inférieur à celui du mica. Elle est bonne aussi pour FNa, dont le paramètre est supérieur de 5 % à celui du nitrate et pour $BrNH^4$ dont l'écart est 8 % en moins; $ClNH^4$ retarde seulement la transformation de I en II (écart de 12,3 % en moins).

INH^4 ne stabilise pas du tout la phase I (écart de 62 % devant 4,4 et de 16 % devant $4,4 \times \sqrt{2}$).

d. Corrélativement on retrouve les orientations déjà signalées ([1]) à 30° ou 60° de [010].

2. *Phase* II (quadratique), $a_0 = 5,75$ Å, $a_0\sqrt{2} = 8,13$, $c_0 = 5$.

a. NO^2Na (orthorhombique), $a_0 = 3,55$, $b_0 = 5,56$, $c_0 = 5,37$; ClO^4K (orthorhombique), $a_0 = 8,55$, $b_0 = 5,65$, $c_0 = 7,23$; SO^4Ag^2 (orthorhombique), $a_0 = 5,64$, $b_0 = 12,65$, $c_0 = 10,25$ ne s'accolent pas sur le mica.

b. No^3Cs (hexagonal), $a_0 = 10,74$, $c_0 = 7,68$ s'oriente sur le mica.

c. Tous ces corps stabilisent la forme II. Écarts relatifs des paramètres : NO^3Cs : 5,5 % pour 7,68 devant 8,13 du nitrate et 7,4 % pour 10,74 devant 5×2; NO^2Na : 7,4 % pour 5,37 devant 5 et 3,5 % pour 5,56 devant 5,75; ClO^4K : 1,7 % pour 5,65 devant 5,75 et 5 % pour 8,55 devant 8,13; SO^4Ag^2 : 1,9 % pour 5,64 devant 5,75 et 2,5 % pour 10,25 devant 5×2.

d. Outre les accolements déjà observés à 30° et 60° de [010] du mica, NO^3Cs employé comme stabilisant (Wallerant) permet de découvrir une nouvelle direction d'accolement du nitrate d'ammonium; elle est parallèle à [010] et moins fréquente. La pseudo-maille multiple rectangulaire de la phase II ($a_0 = 8,13$ Å et $c_0 = 5$) en coïncidence approchée avec la maille centrée du mica ($a_0 = 5,18$; $b_0 = 9,02$ Å) rend compte de ce nouvel accolement. L'approximation est de 3,5 % pour le paramètre 5 du nitrate, devant 5,18 du mica et de 10 % pour le paramètre 8,13, devant 9,02; cette approximation est à peu près la même que celle donnée dans la Note précédente pour l'accolement à 30° (et 60°).

3. *Phase* III (orthorhombique), $a_0 = 7,06$ Å, $b_0 = 7,66$; $c_0 = 5,80$.

a. MnO^4K (orthorhombique), $a_0 = 9,09$, $b_0 = 5,72$, $c_0 = 7,41$; ClO^3K (monoclinique), $a_0 = 4,64$, $b_0 = 5,58$, $c_0 = 7,08$; FK (cubique), $a_0 = 5,33$; aucun de ces corps ne s'oriente sur le mica.

b. Cl^2Pb (orthorhombique), $a_0 = 4,52$, $b_0 = 7,60$, $c_0 = 9,03$; IK (cubique), $a_0 = 7,05$ s'accolent sur le mica.

c. Tous ces corps stabilisent la phase III en arborescences ou en plages étroites à bords rectilignes, alignées à 30° ou 60° de la rangée [010] du mica.

L'efficacité du stabilisant est maximum pour MnO^4K; l'écart de ses paramètres avec ceux du nitrate est très faible : 3,2 % pour 7,41 devant 7,66; 1,4 % pour 5,72 devant 5,80.

Elle est excellente encore pour ClO^3K : écart presque nul, pour 7,08 par rapport à 7,06 du nitrate; écart de 3,8 %, pour 5,58 devant 5,80. De même pour IK, écart presque nul de 7,05, comparé à 7,06; écart de 8 % par rapport à 7,66. L'efficacité du stabilisant est moindre avec FK : écart de 8,1 % par rapport à 5,80; moindre aussi avec Cl^2Pb : écart de 0,8 % pour 7,60 devant 7,66, de 22 % pour 4,52 devant 5,80 du nitrate.

Conclusion. — La stabilisation des phases I, II et III du nitrate d'ammonium en contact avec le mica ne semble pas dépendre de l'aptitude du stabilisant à s'orienter sur le mica, ni de son analogie chimique avec le sel ammoniacal.

C'est certainement la coïncidence approchée des paramètres absolus du stabilisant et des paramètres absolus des phases I, II, III du nitrate d'ammonium, pour une maille plane, qui conditionne essentiellement la stabilisation de ces phases.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les modifications spontanées ou provoquées des sécrétions cutanées chez les Végétaux.* Note de Mme **Évelyne Théret-Gaillard.**

Grâce à une méthode nouvelle et originale [1], le Professeur Devaux a découvert, en 1938, la présence d'un enduit mobilisable sur une multitude de végétaux, prouvant l'existence, au moins chez les végétaux supérieurs, de sécrétions épidermiques analogues aux sécrétions cutanées des animaux. « On sait » dit-il « combien la fonction sécrétrice est peu développée chez les végétaux comparativement à ce qu'elle est chez les animaux. Une multitude de végétaux semblent dépourvus de toute fonction sécrétrice.... En réalité, il n'y a là qu'une apparence due à ce que les sécrétions des plantes sont répandues sur des surfaces immenses relativement au poids du corps. »

Depuis 1939 j'ai entrepris des recherches dans le même sens que M. Devaux, en employant la même méthode expérimentale, et tous les résultats auxquels je suis arrivée confirment pleinement les conclusions provisoires qu'il avait données [2].

Il est maintenant établi de façon certaine que les végétaux (du moins les végétaux supérieurs) présentent une *sécrétion cutanée* comparable à celle des animaux. Comme pour ceux-ci, elle est lipoïdique ou hydrique ou mixte. Chez les jeunes végétaux, elle est presque exclusivement lipoïdique et devient de plus en plus hydrique avec l'âge. Après épuisement complet, cet enduit mobilisable se renouvelle partiellement pendant un certain temps jusqu'à épuisement définitif.

---

(1) H. Devaux, *Bull. Soc. Bot. France*, 85, 1938, pp. 348-352.
(2) E. Gaillard, *Diplôme d'Études Supérieures*, Bordeaux, 18 décembre 1940.

Ces bases définitivement établies, il est apparu que cette sécrétion, comme tous les phénomènes vitaux, subit de grandes variations en rapport avec les différentes conditions auxquelles sont soumises les plantes au cours de leur vie.

Le phénomène est très net en ce qui concerne l'action de la croissance, puisque j'ai pu obtenir des courbes d'une régularité surprenante, qui traduisent les variations de la croissance en fonction du temps, de la sécrétion en fonction du temps et de la sécrétion en fonction de la croissance. Toutes ont la même allure.

J'ai pu montrer aussi que cette sécrétion cutanée varie avec les saisons, dont l'effet est de transformer les sécrétions lipoïdiques en sécrétions hydriques, et réciproquement. Pour une même plante la sécrétion est en général plus abondante l'hiver que l'été, et la partie lipoïdique occupe une place beaucoup plus importante. Le renouvellement se fait aussi d'une façon beaucoup plus rapide. Il semble que les végétaux, comme les animaux, *brûlent* leurs graisses l'hiver pour lutter contre le froid. Ce phénomène m'est apparu pour un pied de buis en pot que j'ai eu à ma disposition toute l'année. En janvier, pendant les grands froids, ses feuilles donnaient un rejet mixte. La sécrétion reprenait rapidement et avec énergie, même après plusieurs épuisements. En mai le rejet était beaucoup plus faible et la sécrétion lipoïdique était presque complètement disparue. Le renouvellement se faisait aussi beaucoup plus lentement. J'ai obtenu des résultats identiques avec des feuilles de lierre, cueillies les unes en février, les autres en juin.

On obtient les mêmes effets par brusque passage d'une basse température à une température douce. Mes expériences ont porté sur de la mâche, *Valerianella olitoria*, cueillie alors que la température était d'environ — 10° depuis plusieurs jours. Le rejet, dès l'arrivée au laboratoire, était presque uniquement lipoïdique. Après un séjour de 24 heures au laboratoire, où la température était d'environ 16° (écart de 26°), la sécrétion était beaucoup moins abondante et le rejet hydrique occupait une place beaucoup plus importante. Deux jours après il n'y avait plus que quelques traces de produits lipoïdiques.

Une élévation brusque de la température entraînant la mort produit chez les végétaux des perturbations graves : brusque augmentation du rejet, puis chute désordonnée que traduisent les courbes. Cette dernière observation me paraît d'un très grand intérêt. Il semble que la plante subisse une excitation qui la pousse à lutter contre la mort; c'est cette utte que traduit l'allure désordonnée des courbes, mais quels en sont les facteurs ? Nous sommes là, uniquement, dans le domaine des hypothèses.

L. B.

La séance est levée à 15h 45m.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 SEPTEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Décomposition des opérateurs unitaires ou isométriques en produit de symétries.* Note [1] de M. **GASTON JULIA**.

Soit U un opérateur isométrique quelconque de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$ ($U^*U = 1$). On va le décomposer en un *produit, généralement infini, de symétries* et d'un facteur unitaire très simple. La décomposition sera valable, en particulier, pour tous les U unitaires ($U^*U = 1$, $UU^* = 1$). Les e_n sont une base orthonormale de $\mathcal{H}$.

1. Soit $U_1 = Ue_1$ le transformé de e_1 par $U.(U_1, e_1) = \rho_1 e^{-i\theta_1}$, en général non réel, montre que $(U_1, e_1) = (e_1, U_1)$ n'étant pas réalisé en général, il n'existe pas de symétrie transformant e_1 en U_1. Mais il en existe une infinité [2] transformant e_1 en $U_1 e^{-i\theta_1}$, car $(U_1 e^{-i\theta_1}, e_1) = (e_1, U_1 e^{-i\theta_1})$; la plus simple, S_1, est la symétrie par rapport à la variété $[\sigma_1] = [e_1 + U_1 e^{-i\theta_1}]$. Alors $S_1 e_1 = e^{-i\theta_1}.Ue_1$ et $S_1 Ue_1 = e^{i\theta_1}.e_1$. Donc $S_1 U$ conserve la variété $[e_1]$, et comme $S_1 U$ est isométrique, donc conserve les angles, $S_1 U$ conserve aussi la variété $[e_2, e_3, \ldots]$. Chacune de ces variétés conservées *réduit* $S_1 U$, et dans chacune d'elles $S_1 U$ est isométrique. Lorsque $(U_1, e_1) = 0$ ou réel, l'introduction de θ_1 est inutile, on peut prendre pour S_1 la symétrie par rapport à $[e_1 + U_1]$.

2. Dans $V_2 = [e_2, e_3, \ldots]$, l'opérateur $S_1 U$ est isométrique; donc, par le raisonnement du n° 1, il détermine *dans* V_2 une symétrie S'_2 par rapport à $[\sigma_2] = [e_2 + S_1 Ue_2.e^{-i\theta_2}]$, telle que $S'_2 S_1 U$ soit isométrique dans V_2, conserve $[e_2]$, donc conserve $[e_3, e_4, \ldots]$. S'_2 détermine *dans* $\mathcal{H}$ une symétrie unique S_2, par rapport à $[e_1, \sigma_2]$, coïncidant avec S'_2 dans V_2, conservant e_1, en sorte que $S_2 S_1 U = \mathfrak{S}_2$ conserve $[e_1]$ et $[e_2]$ (*il transforme e_1 et e_2 respectivement en $e_1.e^{i\theta_1}$* et $e_2.e^{i\theta_2}$), *enfin conserve* $V_3 = [e_3, e_4, \ldots]$, *dans lequel* $S_2 S_1 U$ *est isométrique.*

3. Le raisonnement se poursuit indéfiniment. $S_2 S_1 U = \mathfrak{S}_2$ conserve $V_3 = [e_3, e_4, \ldots]$, ainsi que $[e_1]$ et $[e_2]$. Il détermine donc une symétrie S_3 de $\mathcal{H}$,

---

(1) Séance du 6 août 1945.

(2) Voir G. JULIA, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 81.

conservant e_1 et e_2, telle que $\mathcal{S}_3 = S_3 S_2 S_1 U$, isométrique dans V_3, y conserve $[e_3]$ (transformant e_3 en $e_3 . e^{i\theta_3}$), et conserve $V_4 = [e_4, e_5, \ldots]$. S_3 est une symétrie par rapport à la variété $[e_1, e_2, \sigma_3]$, σ_3 de V_3 étant égal à $e_3 + \mathcal{S}_2 e_3 . e^{-i\theta_3}$.

D'une façon générale, *l'opérateur* $\mathcal{S}_n = S_n S_{n-1} \ldots S_1 U$ *conservera* $[e_k]$ *pour* $k = 1, 2, \ldots, n$, *ainsi que* $V_{n+1} = [e_{n+1}, e_{n+2}, \ldots]$. Dans chacune de ces variétés l'opérateur envisagé est isométrique; il transforme e_k en $e_k . e^{i\theta_k}$, pour $k = 1, 2, \ldots, n$. On va chercher la limite de $\mathcal{S}_n$ pour $n = \infty$.

4. Considérons l'opérateur unitaire Ω, tel que, pour tout $X = \sum e_k x_k$ de $\mathcal{H}$, on ait $\Omega X = \sum e_k . e^{i\theta_k} . x_k$. Évidemment $\Omega e_k = e_k . e^{i\theta_k}$ pour tout k.

a. Pour $X = e_k (k = 1, 2 \ldots n)$, $\mathcal{S}_n e_k = \Omega e_k$. Donc l'opérateur $\mathcal{S}_n - \Omega$ s'annule pour $e_1, e_2, \ldots, e_n$.

b. L'opérateur $\mathcal{S}_n - \Omega$ conserve la variété $V_{n+1} = [e_{n+1}, \ldots]$ et, dans cette variété, l'opérateur considéré, différence de deux opérateurs isométriques, est borné, sa borne étant $\leqq 2$.

c. En posant $X'_n = \sum_{n+1}^{\infty} e_k . x_k$, on aura $(\mathcal{S}_n - \Omega) X = (\mathcal{S}_n - \Omega) X'_n$; donc $\| (\mathcal{S}_n - \Omega) X \|^2 \leqq 4 \| X'_n \|^2 = 4 \sum_{n+1}^{\infty} | x_k |^2 \leqq \varepsilon$, dès que, X étant fixé (arbitraire dans $\mathcal{H}$), on aura $n \geqq N(\varepsilon, X)$.

d. Cela montre que $\mathcal{S}_n X$ *converge fortement vers* ΩX, *pour tout* X *de* $\mathcal{H}$. Donc $\mathcal{S}_n = S_n S_{n-1} \ldots S_1 U = \Omega + \varepsilon_n$, où ε_n est un opérateur borné de $\mathcal{H}$ convergeant fortement vers zéro. Il en résulte $U = S_1 S_2 \ldots S_n \Omega + S_1 \ldots S_n \varepsilon_n$. Le produit $S_1 S_2 \ldots S_n$ étant isométrique, $S_1 S_2 \ldots S_n \varepsilon_n X$ converge fortement vers zéro quel que soit X fixe. Donc $UX = \lim_{n=\infty} S_1 S_2 \ldots S_n \Omega X$, *c'est-à-dire* $U = \left(\prod_1^{\infty} S_k \right) . \Omega$, *le produit infini* ΠS_k *étant fortement convergeant*. Cette expression fournit la décomposition annoncée en produit de symétries S_k et du facteur unitaire Ω.

5. Supposons que U ait une matrice *réelle*. $U e_1 = \sum_{k=1}^{\infty} u_{k1} e_k . (U e_1, e_1)$ est réel, donc $\theta_1 = 0$. S_1 est une symétrie par rapport à $[\sigma_1] = [e_1 + U_1]$, avec $\sigma_1 = e_1 + \sum_{k=1}^{\infty} u_{k1} e_k$, donc le vecteur unité sera

$$\varepsilon_1 = (2 + 2 u_{11})^{-\frac{1}{2}} \left[(1 + u_{11}) e_1 + \sum_2^{\infty} u_{k1} e_k \right].$$

$S_1 e_1 = U_1$. On obtient $S_1 e_k (k \geqq 2)$, en décomposant $e_k = (\varepsilon_1, e_k) \varepsilon_1 + e'_k$, d'où

$$S_1 e_k = (\varepsilon_1, e_k) \varepsilon_1 - e'_k = 2 (\varepsilon_1, e_k) \varepsilon_1 - e_k.$$

Un calcul simple donne

$$(\varepsilon_1, e_k) = (2 + 2u_{11})^{-\frac{1}{2}} u_{k1} \qquad \text{et} \qquad S_1 e_k = 2\varepsilon_1 (2 + 2u_{11})^{-\frac{1}{2}} . u_{k1} - e_k.$$

$S_1 e_k$ est une série linéaire fortement convergente en $e_k(k = 1, 2, \ldots, \infty)$, dont les coefficients sont réels. *La matrice de* S_1 *est donc réelle*. Il en est de même de celle de $S_1 U$. La matrice de l'opérateur induit dans V_2 par $S_1 U$ étant réelle, il en sera de même de la matrice de S_2 et par suite de $S_2 S_1 U, \ldots$.

En répétant ce raisonnement on verra que *tous les* θ_k *sont ici nuls*, toutes les matrices S_n sont réelles, le facteur Ω se réduit à l'opérateur 1. Par suite, *tout opérateur isométrique* U *à matrice réelle s'écrit* $U = S_1 S_2 \ldots S_n \ldots$, le produit étant fortement convergent et les symétries S_n, parfaitement déterminées par U, étant à matrice réelle. On verrait aisément que

$$U^* = \ldots S_n \ldots S_2 S_1 = \lim_{n=\infty} (S_n \ldots S_2 S_1).$$

6. Dans un espace unitaire *à n dimensions*, tout opérateur isométrique U est *unitaire*, car il conserve le nombre de dimensions; les raisonnements précédents sont valables et conduisent à la décomposition de tout opérateur unitaire en *produit de n symétries* [relatives à des variétés à 1, 2, ..., n dimensions, la dernière étant l'identité], et d'un facteur Ω transformant e_k en $e_k . e^{i\theta_k} (k = 1, 2, \ldots, n)$. Lorsque U a une matrice réelle, les symétries composantes ont des matrices réelles, le facteur Ω est l'unité, et le théorème fournit un théorème connu de géométrie unitaire.

GÉNÉTIQUE. — *Altérations du développement et de la maturation du* Zea Mays *var.* polysperma *par l'action de la colchicine*. Note (1) de M. **Louis Blaringhem** et Mlle **Geneviève Chevalier**.

La forme aberrante *Zea Mays* var. *polysperma* est suivie depuis la découverte, en 1906, de caryopses à 2 et 3 embryons sur un épi à torsion irrégulière accompagnée d'avortements. En 1911 un descendant a fourni 9 caryopses à deux embryons et montra des aberrations, sutures d'épillets, multiplication des étamines avec anthères bifurquées, en bref tous les caractères des fascies; dès lors la sélection des individus les plus déformés a permis d'obtenir la variété instable *Zea Mays polysperma*, suivie depuis 1912, où elle fournit 48 plantes à grains doubles et 17 à grains simples. Pour éviter la dégénérescence, fatale en isolement, de cette forme nouvelle de Maïs, elle a été pollinisée avec une variété, de même origine tératologique, le *Maïs acajou*, et a donné en 1918 et 1919 une moyenne de 50 % d'épis à grains doubles, ceux-ci dans les proportions de 5 à 95 %. Depuis 1920, soit au cours de 25 générations, la culture de cette lignée

(1) Séance du 6 août 1945.

est poursuivie tant à la Station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise) qu'à l'Arboretum Gaston Allard à Angers (Maine-et-Loire), en évitant l'excès de grains doubles et en renouvelant périodiquement la vigueur de la lignée par la pollinisation avec le *Maïs acajou*; il en résulte une variété de grand rapport dépassant 150 pour 1, à maturation parfaite sous le climat de Paris et fournissant des grains farineux de taille moyenne (2000 graines pèsent 1^{kg}). Au cours de cette culture, très surveillée et isolée, portant sur plus de 10 000 plantes, aucune des altérations dont il va être question n'a été observée ([2]).

L'hiver dernier, au Laboratoire de Botanique de l'École Normale, Mlle Chevalier soumit une série de graines de plantes annuelles à l'action de la colchicine. Pour le Maïs *polysperma* récolté à la Station Berthelot en septembre 1944, elle adopta, après plusieurs essais, la solution de 2 et de 2,5 de colchicine $^0/_{00}$ d'eau distillée et trempe prolongée durant trois jours. Mises ensuite à l'étuve à la température de 20° C., les graines germent et présentent avec une grande régularité la même déformation de la racine principale; il se forme à la sortie du scutellum non pas une racine, mais un massif cylindrique épais qui conserve cette forme durant des semaines, tandis que se développe, relativement tard, une couronne de racines secondaires, appendices nés au contact du scutellum. La régularité de la substitution est remarquable, et c'est la constance du processus, dont l'étude anatomique est en cours, qui a provoqué la culture d'un des lots altérés.

40 graines d'une même épreuve, toutes à un embryon, soit 20 jaunes et 20 acajou, copieusement lavées après l'action prolongée trois jours de la solution à 2,5 $^0/_{00}$ de colchicine, ont été repiquées le 20 mars à la Station Berthelot en terrain meuble de fertilité moyenne. Un lot témoin de graines, prélevées sur les mêmes épis et mis à germer dans l'eau courante du Laboratoire, est sur le point d'être récolté; sa maturation est précoce, en rapport avec la chaleur et la sécheresse exceptionnelles de l'année; la taille moyenne des témoins est $1^m,10$ de la base des panicules au sol, inférieure de 40 à 60^{cm} à la taille normale de la variété au cours des années précédentes; les tiges, grêles, ne portent qu'un épi femelle latéral alors qu'elles en donnent deux ou un, à mi-hauteur des chaumes, dans les années où la végétation est normale.

Les plantes provenant de graines traitées à la colchicine se comportent tout autrement. Dès la mise en place en pleine terre, à la suite d'un arrosage copieux, comparable pour les deux lots, les plantules altérées par la colchicine ont présenté un retard accusé dans le développement

([2]) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 677; **203**, 1936, p. 1477. Voir aussi *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, **19**, pp. 33 et suiv.

des premières feuilles et l'examen des racines, fait avec précaution, a prouvé que la racine principale persistait en mammelon turgescent mais inerte, alors que les racines adventives, et elles seules, ont nourri les gemmules; les premières feuilles n'ont apparu qu'avec un retard de 15 jours sur les témoins, formant d'ailleurs des rosettes compactes de trois ou quatre feuilles radicales à limbes fortement élargis. Ainsi, dès le 17 avril, on pouvait constater une réaction parallèle pour toutes les plantes traitées, et c'est l'uniformité de la réaction qui mérite d'être signalée; 9 plantules sur 40 ont disparu, proportion de fonte normale dans des cultures en plein air au voisinage immédiat de la forêt de Meudon.

Il faut, le 13 juin, constater une divergence dans le comportement des plantules provenant des graines jaunes et des graines acajou et nous limitons notre description aux dérivées des graines jaunes, moins vigoureuses que les plantes donnant des graines rouges. La taille des Maïs témoins à graines jaunes s'échelonne entre $1^{m},50$ et 75^{cm}. Des 20 jaunes traités à la colchicine, il reste 15 plantes ayant fleuri et la plus élevée n'atteint que 60^{cm}, les autres se répartissent en deux lots assez différents, 7 entre $0^{m},50$ et $0^{m},25$, 7 entre $0^{m},25$ et $0^{m},20$, et ceux-ci sont les plus déformés et les plus intéressants.

Les 8 plantes de taille moyenne ($0^{m},60$ à $0^{m},25$) sont des plantes grêles à panicules terminales mal développées; deux ont leurs épillets avortés dépourvus d'étamines; les ramifications des autres sont rares (2 et 3); une seule donne 5 ramifications courtes où les épillets fertiles sont échelonnés, peu serrés. Les feuilles des tiges sont échelonnées comme chez les plantes témoins, mais les épis, plus nombreux (2 et 3), sont rassemblés à la base des tiges, le supérieur fécondé par le pollen du lot, les inférieurs à stigmates roulés dans les gaines qu'il faut écarter pour en assurer la fécondation. On constate donc, dans ces plantes naines mais à végétation presque normale, une déficience marquée des organes mâles, les premiers formés dans le bourgeon qui succède à la plumule, puis une formation à peu près normale des épis latéraux femelles, à développement tardif, bien nourris par les feuilles latérales et aussi par les bractées à limbes développés qui les renferment. Cette altération est la conséquence évidente de la mort, ou plutôt de l'inactivité de la racine principale, mamelon parasite du scutellum de la graine traitée.

Les 7 plantes naines ($0^{m},25$ à $0^{m},20$) sont remarquables par leur vigueur, par le développement des feuilles; leur forte résistance à la sécheresse retient les regards à distance; il y a, entre les deux lots traités, les différences de silhouette qui distinguent le Colza des Choux fourragers, et ici le retard dans l'évolution sexuelle des bourgeons a été parallèle au retard de l'activité des rosettes de racines adventives. Aussi les panicules mâles sont très fournies en épillets bien conformés, avec 5 ou 6 fortes ramifi-

cations étalées hors d'une rosette de feuilles bractées nées presque au même niveau et formant une véritable gaine autour de la panicule mâle. On conçoit qu'ainsi protégée et nourrie la panicule ait pu former de nombreux épillets et des étamines riches en pollen. Cette pléthore, due au retard simultané des activités biologiques des feuilles et des racines adventives, s'accuse davantage encore dans le développement tardif des inflorescences latérales femelles. Sur ces plantes de 20^{cm}, 4 donnent 3 épis fécondables à stigmates saillants, ou bien roulés, qu'il faut dégager des bractées à limbes fortement étalés; 3 plantes donnent 4 épis fécondables et l'une d'elles montre 1 épi prolifère, étalé en tête de Chou-fleur. Le retard de cette végétation, exubérante malgré la sécheresse et l'absence d'eau cette année à la Station Berthelot, est manifestement la conséquence du traitement des graines par la colchicine. Tout se passe comme si l'épi supérieur, lequel est fécondé par le pollen des plantes traitées, était incapable d'épuiser l'apport par les racines secondaires en pleine activité des sels de la sève brute; la persistance et l'assimilation prolongée des feuilles et des bractées provoquent l'exubérance des bourgeons femelles et transforment ces plantes dans le sens qui distingue le Chou de Bruxelles du Chou fourrager.

Une plante du lot à graines jaunes traité à la colchicine se distingue de toutes les autres par la précocité de la maturation de l'unique épi qu'elle porte, récolté le 30 juillet, avec 10 rangées de graines en torsades dont deux pourvues de deux embryons parfaitement conformés. La graine traitée à la colchicine produit dans ce cas plus de 100 pour 1, en pleine terre peu fertile, avec 66 jours de végétation. Si l'aptitude de cette plante singulière à limiter le cours de sa végétation est transmise à la descendance, on peut espérer en obtenir une lignée de Maïs à grains jaunes de taille moyenne supportant la culture dans le Nord de l'Europe. Or cette mutation est bien la conséquence de la trempe dans la solution de colchicine; la plante précoce donne 2 épis, l'un fécondé, l'autre inférieur avorté; la panicule mâle bien développée avec 4 ramifications étalées est entourée d'une rosette de 5 feuilles bractées insérées au même niveau et imitant par leur groupement condensé et la torsion de l'axe qui les porte les dispositions qui caractérisent les appendices des organes femelles fasciés du Maïs.

En résumé, l'action ménagée de la colchicine sur les graines du Maïs avant la germination entraîne souvent la réduction des panicules mâles et parallèlement celui des étamines fertiles, augmente par réaction l'activité de la base des tiges et la multiplication des inflorescences femelles, comportement dominé par la substitution des couronnes de racines adventives à la racine principale altérée et réduite à un moignon inopérant. Une plante sur 15 se comporte de toute autre façon; très précoce, elle donne des

graines mûres en 2 mois de végétation et présente dans le développement et l'épanouissement de la panicule mâle les caractères propres aux inflorescences femelles, mais sans altération de la sexualité, comme la provoquent des traumatismes violents. Le mécanisme cytologique de ces réactions individuelles à l'intoxication par la colchicine a été mis en lumière par E. Werner ([3]) pour d'autres genres.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la vitesse de l'action destructive des filtrats de culture de* B. subtilis *sur les toxines microbiennes à différentes températures*. Note de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Paul Ramon**.

Déjà, dans des expériences antérieurement effectuées et ici rapportées ([1]), nous avons étudié l'action destructive dont peuvent faire preuve les filtrats de culture du *B. subtilis* à l'égard des poisons bactériens, alors que, soulignons-le, la *pénicilline* est dénuée de toute activité de ce genre.

Nous avons montré en particulier qu'après 24 heures d'exposition à la température de 37°, une toxine diphtérique, mélangée à un filtrat de *B. subtilis* à raison de 1^{cm^3} de toxine pour 9^{cm^3} de filtrat, est totalement annihilée dans ses effets nocifs pour l'animal d'expériences (Cobaye). Nous avons constaté de même que la toxine staphylococcique, mélangée à parties égales avec un filtrat de *B. subtilis*, ne présente plus aucune propriété toxique lorsque le mélange a été soumis, 24 heures durant, à la température de 37°.

Il importait de se rendre compte, avec plus de précision, de l'évolution de cette dégradation des toxines microbiennes sous l'influence des filtrats de *B. subtilis*, et cela à diverses températures. C'est ce que nous avons fait dans de nouvelles recherches.

Les filtrats dont nous nous sommes servis dans ces recherches ont été obtenus à partir de cultures en milieu de composition chimique définie (en particulier en milieu de Sauton, selon la formule classique, ou légèrement modifiée en ce qui concerne notamment la proportion de glycérine) ([2]). A titre de renseignements, signalons que le pouvoir gélatinolytique de ces filtrats est en général compris entre 1000 et 3000 unités gélatinolytiques.

Dans une première série d'essais, nous avons fait agir certains de nos filtrats sur une toxine diphtérique (renfermant 1500 doses mortelles, pour le Cobaye, par centimètre cube), en préparant les mélanges à raison de 9^{cm^3} de filtrat pour 1^{cm^3} de toxine; chaque centimètre cube du mélange

---

([3]) *Der Zuchter*, **11**, 1939, p. 57 et référence dans *Resumptio Genetica*, **14**, 1940, p. 157.

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 801; **221**, 1945, p. 213. Voir pour la bibliographie *La Presse Médicale*, **30**, 1945, p. 405.

([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 165.

contenait ainsi, au départ, 150 doses mortelles. Dès leur constitution les mélanges sont respectivement soumis à différentes températures : 37°, 26°, 20°. Dans la suite, on prélève dans ces mélanges, à des moments variables, des échantillons, lesquels sont immédiatement éprouvés chez le Cobaye. Les conditions et les résultats de l'une de nos expériences sont résumés dans le tableau ci-dessous.

I. — *Action des filtrats de* B. subtilis *sur la toxine diphtérique.*

T.	N° du filtrat et date de préparation.	Nombre de doses mortelles restant dans 1cm³ de mélange après des temps variables d'exposition à diverses températures — au départ.	1 h.	3 h.	4 h.	6 h.	12 h.	24 h.
37°	5, 19 juin	150	–	6	–	0	0	0
37°	6, 18 juillet	150	–	1	–	0	0	0
37°	6, 18 »	150	10	1	0	0	0	0
26°	6, 18 »	150	–	8	–	2	0	0
20°	6, 18 »	150	–	10	–	7	1	0
Toxine diphtérique seule		150	–	150	–	150	150	150

T, température d'exposition du mélange (toxine 1/10, filtrat 9/10).

Dans une deuxième série d'essais, réalisés dans des conditions analogues à la première, nous avons soumis à l'action des filtrats de *B. subtilis*, une toxine staphylococcique dont le pouvoir toxique équivalait à 400 doses hémolytiques par centimètre cube. Les mélanges étaient constitués par volumes égaux de filtrat et de toxine, si bien qu'au départ 1cm³ de mélange contenait 200 doses hémolytiques. Après des temps variables de séjour à diverses températures, des mélanges, leur pouvoir hémolytique était recherché selon la technique courante (3). Les données de l'un de nos essais sont enregistrées brièvement dans le tableau suivant.

II. — *Action des filtrats de* B. subtilis *sur la toxine staphylococcique.*

T.	N° du filtrat et date de préparation.	Nombre de doses hémolytiques restant dans 1cm³ de mélange après des temps variables de séjour à diverses températures — au départ.	1/4 h.	1/2 h.	1 h.	3 h.	6 h.
37°	5, 19 juin	200	150	0	0	0	0
37°	5, 18 juillet	200	<10	0	0	0	0
37°	6, 18 »	200	<10	0	0	0	0
20°	5, 19 juin	200	150	150	0	0	0
20°	6, 18 juillet	200	150	150	0	0	0
Toxine staphylococcique seule.		200	200	200	200	200	200

T, température d'exposition du mélange (parties égales toxine et filtrat).

---

(3) Il y a lieu de tenir compte, dans de tels essais, que certains filtrats de culture de *B. subtilis* peuvent présenter eux-mêmes un pouvoir hémolytique faible sans doute, mais néanmoins appréciable.

De l'ensemble de ces essais il se dégage, en premier lieu, que la vitesse de destruction des toxines microbiennes par les filtrats de culture du *B. subtilis* employés ici est relativement grande. C'est ainsi qu'à la température de 37°, le poison diphtérique, déjà très altéré dans son pouvoir toxique au bout de 3 heures, est complètement détruit en l'espace de 4 à 6 heures. A des températures plus basses, la dégradation est moins prompte; néanmoins, à 20° par exemple, la toxicité de la toxine diphtérique, déjà très atténuée au bout de 6 heures, est entièrement anéantie en moins de 24 heures.

A l'égard de la toxine staphylococcique, la vitesse de destruction manifestée par certains de nos filtrats est plus grande encore, puisque le pouvoir hémolytique de la toxine a disparu en moins d'une demi-heure à 37°, et en 1 heure à 20°. Nous ferons remarquer ici que tous nos essais ont été effectués avec des filtrats bruts tels qu'ils sortent du filtre en porcelaine (bougie Chamberland L3). L'action *antidotique* (selon la dénomination que nous avons proposée pour désigner la propriété des filtrats de *B. subtilis* et de germes analogues d'altérer, jusqu'à la destruction, les toxines microbiennes) ([4]) sera sans doute beaucoup plus rapide, beaucoup plus intense, lorsque l'on aura réussi à extraire, sous une forme concentrée, le ou les principes actifs des filtrats de culture du *B. subtilis* (subtiline) ([5]), ce qui est le but vers lequel tendent nos investigations actuelles.

L'action antidotique est variable d'un filtrat à l'autre. Il importe donc de l'évaluer dans chaque cas, ce qui peut être fait facilement *in vitro* en utilisant comme *test* le pouvoir hémolytique de la toxine staphylococcique. Cette évaluation peut d'ailleurs être complétée en ayant recours à la toxine diphtérique et aux épreuves chez l'animal, ces différentes opérations étant réalisables facilement, à l'aide des procédés mis en œuvre dans nos essais.

Si l'action antidotique d'un filtrat dépend essentiellement de sa richesse en principe actif, elle est également en rapport, comme nous nous en sommes rendu compte, avec la température à laquelle s'effectue la réaction, avec la nature de la toxine, avec sa propre activité spécifique, avec le contenu du mélange toxine-filtrat en produits non spécifiques, qui peuvent éventuellement jouer le rôle de substances *inhibitrices*; elle dépend enfin, dans une certaine mesure, du pH.

Ces faits, joints à ceux que nous avons fait connaître antérieurement,

---

([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 213.

([5]) Nous pensons que l'on doit prendre à cet égard des précautions. En effet il y a lieu de se demander si, en poussant très loin la purification des agents antagonistes, comme on s'ingénie à le faire spécialement en ce qui concerne la pénicilline, on ne lèse pas certaines propriétés très utiles et si l'on n'affaiblit pas ainsi l'efficacité de ces agents.

nous incitent de plus en plus à voir dans l'antagonisme des filtrats du *B. subtilis* à l'égard de certaines bactéries et surtout de leurs toxines, des phénomènes de caractère diastasique.

Quoi qu'il en soit du mécanisme de cette forme d'antagonisme, notre expérimentation met une fois de plus en évidence la puissance relativement considérable, et remarquable à différents points de vue, que sont capables de posséder les filtrats de culture du *B. subtilis* et sans doute d'autres germes du même genre, et qui leur permettent d'altérer et de détruire rapidement les poisons microbiens tels que la toxine diphtérique, la toxine staphylococcique etc.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de *Chimie générale et biologique* vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi aux Sections de Chimie et d'Économie rurale.)

M. **Walter Sydney Adams**, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

GÉOMÉTRIE. — *Sur des congruences de droites déduites d'une même surface.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Soient s une surface quelconque non développable, a un point de s, ϖ le plan tangent à s en a, Oz une demi-droite quelconque. Projetons a en a' sur le plan H perpendiculaire à Oz en O et faisons tourner a' de $+\pi/2$ autour de Oz, le sens positif de rotation étant pris arbitrairement; nous obtenons ainsi un point M par lequel nous menons une parallèle D à la normale à s en a. Quand a se déplace sur s, D engendre une congruence $\mathcal{C}$. Soit l l'une quelconque des deux lignes asymptotiques de s passant en a. D'après des résultats connus, $\mathcal{C}$ admet le plan H comme surface moyenne et ses développables correspondent aux lignes asymptotiques de s. On sait, en outre, que le plan focal de D, tangent à la développable correspondant à l, est perpendiculaire à la tangente à l en a. Nous désignerons par t le point où cette tangente asymptotique perce le plan H, par u le point analogue de l'autre tangente asymptotique de s en a, par F et G les points focaux de D correspondant respectivement à l et à l'autre ligne asymptotique de s passant en a.

Considérons la droite $\mathcal{D}$ située dans le plan perpendiculaire à Oa en O et dont on obtient la projection sur le plan H en faisant tourner de $+\pi/2$ autour de Oz l'intersection des plans ϖ et H. Quand a se déplace sur s, $\mathcal{D}$ engendre une congruence $\mathcal{E}$.

Traçons dans le plan H deux axes perpendiculaires, Ox et Oy, tels que le

sens positif du trièdre trirectangle $Oxyz$ soit le sens positif de rotation déjà adopté. Soient b le point où le plan ϖ coupe la droite Oy et m le point où la droite de ϖ, parallèle au plan yOz, perce le plan H. Considérons la droite Δ, passant par M, située dans le plan perpendiculaire à Oa en O et parallèle au plan zOx. Elle est définie par les équations

$$(1) \qquad Xx + Yy + Zz = 0, \qquad Y - x = 0,$$

x, y, z étant les coordonnées de a et X, Y, Z celles d'un point courant. Quand a se déplace sur s, Δ engendre une congruence. Un des points focaux de Δ est le point à l'infini de cette droite. L'autre point focal, A, a pour coordonnées

$$(2) \qquad X = \frac{z}{q} - y, \qquad Y = x, \qquad Z = -\frac{x}{q},$$

p et q étant, pour la surface s, les dérivées $\partial z/\partial x$ et $\partial z/\partial y$. Soit S le lieu de A, qui constitue une nappe de la surface focale. P et Q étant pour S, les dérivées $\partial Z/\partial X$ et $\partial Z/\partial Y$, on a

$$(3) \qquad P = -\frac{x}{z}, \qquad Q = \frac{px - z}{qz}.$$

Les formules (2) et (3) définissent une transformation de contact $\mathcal{C}_0$, dont les relations (1) sont les deux relations directrices. Soient A′ la projection de A sur le plan H, Π le plan focal de Δ′ tangent à S en A, B le point où Π coupe la droite Ox.

On voit tout de suite que les droites Oa et OA sont perpendiculaires et l'on peut démontrer les propositions suivantes :

1° Les normales à s en a et à S en A sont perpendiculaires et, par suite, le plan focal Π de Δ est le plan des droites Δ et D.

2° Les droites AF et AG sont deux tangentes conjuguées de S. Le réseau conjugué de S, dont les deux courbes passant en un point y sont tangentes aux droites analogues à AF et à AG, correspond aux lignes asymptotiques de s. Quand le point a se déplace sur l, la tangente à l'arc décrit sur S par A passe par le point focal G de D.

3° Les développables de $\mathcal{E}$ correspondent, comme celles de $\mathcal{C}$, aux lignes asymptotiques de s.

4° Elles coupent donc S suivant le réseau conjugué dont il est question au paragraphe 2°. Le plan focal de $\mathcal{D}$ tangent à la développable correspondant à l passe par le point focal G de D et l'autre plan focal de $\mathcal{D}$ passe par le point focal F de D.

5° Soient $\mathcal{F}$ le point focal de $\mathcal{D}$ correspondant à l, $\mathcal{G}$ l'autre point focal de $\mathcal{D}$, $\mathcal{F}'$ et $\mathcal{G}'$ les projections de ces points sur H. Par une rotation de $+\pi/2$ autour de Oz, les points a', m, b, t, u viennent respectivement en M, A′, B, $\mathcal{F}'$, $\mathcal{G}'$.

6° Menons par O un plan parallèle à chacun des plans focaux de D. Celui

des deux plans obtenus qui est perpendiculaire à at passe par le point focal $\mathcal{F}$ de $\mathcal{D}$ et l'autre, perpendiculaire à au, passe par le point focal $\mathcal{G}$ de $\mathcal{D}$.

7° Supposons que le trièdre $Oxyz$ tourne autour de Oz, la surface s restant fixe. Les droites D et $\mathcal{D}$, leurs points focaux et leurs plans focaux sont invariables. Appliquons à l'élément de contact (a, ϖ) la transformation $\mathcal{T}_0$ pour chaque position du trièdre $Oxyz$. A se déplace sur $\mathcal{D}$ et Π tourne autour de D. S dépend alors d'un paramètre. Les développables de $\mathcal{E}$, qui sont invariables, coupent toujours S suivant un réseau conjugué jouissant des propriétés indiquées au paragraphe 2°.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Riemann-Hilbert.* Note [1] de M. **René Garnier**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Étant données dans le plan complexe (z) une courbe fermée C, sans points doubles, et une matrice carrée $A(z)$, définie sur C, le problème de Riemann-Hilbert pour C et $A(z)$ consiste à trouver deux matrices analytiques $\Phi(z)$ et $\Psi(z)$, du même ordre que $A(z)$, définies, l'une intérieurement, l'autre extérieurement à C et telles que l'on ait $\Phi = A\Psi$ le long de C. Birkhoff a résolu ce problème [2] dans l'hypothèse où C est analytique et peut être divisée par les points $z_1, \ldots, z_n$ en n arcs, à l'intérieur de chacun desquels un élément quelconque $a_{\lambda\mu}(z)$ de $A(z)$ coïncide avec une certaine fonction holomorphe de z; d'ailleurs, en un point z_k les $a_{\lambda\mu}$ restent bien définis et possèdent une infinité de dérivées successives.

Je montre que *la méthode de G. D. Birkhoff peut être étendue à des matrices continues* satisfaisant à des conditions très générales qui seront indiquées plus loin. Pour obtenir ce résultat il suffit d'étendre les conditions de validité du théorème suivant, sur lequel repose la convergence des approximations de Birkhoff.

2. D'après le principe de symétrie de Schwarz il existe une fonction holomorphe $\tau(z)$ qui transforme C en $|\tau| = 1$, et un certain anneau Ω contenant C en une couronne $\rho < |\tau| < \rho^{-1}$. Soient alors $g(z)$ une fonction holomorphe dans C et continue sur C, et p un entier > 0; le théorème de G. D. Birkhoff s'énonce ainsi : l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{\tau^p(z)\, a_{\lambda\mu}(z)\, g(z)\, dz}{z - x}$$

représente une fonction $F(x)$ holomorphe à l'extérieur de C et telle que

$$\max \text{ de } |F(x)| \leqq \varepsilon \max \text{ de } |g(x)|,$$

ε pouvant être rendu arbitrairement petit pour p supérieur à un entier p_0, dont

[1] Séance du 9 juillet 1945.

[2] *Proceed. of the Amer. Acad. of Arts and Sc.*, **49**, 1913, p. 521.

l'existence est assurée, mais dont le calcul peut être compliqué par la présence des singularités z_k.

Pour démontrer ce théorème Birkhoff observe que la fonction analytique avec laquelle $a_{\lambda\mu}$ coïncide le long de l'arc $z_k z_{k+1}$ est holomorphe dans un fuseau, d'extrémités z_k, z_{k+1}, contenant cet arc; la réunion de ces fuseaux constitue un domaine annulaire ω, qu'on peut supposer intérieur à Ω, et dont les frontières sont deux courbes D_1, D_2, l'une extérieure, l'autre extérieure à Ω. Birkhoff admet que, dans les aires annulaires $\Omega - \omega$ limitées par D_1, D_2 et les frontières C_1, C_2 de Ω, on peut définir (par leurs composantes réelles et imaginaires) des fonctions continues de z qui se raccordent avec les $a_{\lambda\mu}$ le long de D_1 ou de D_2 et qui vérifient des inégalités

$$(1)\qquad |a_{\lambda\mu}(z)| < M, \qquad |a_{\lambda\mu}(z') - a_{\lambda\mu}(z'')| < M\,|z'' - z'|.$$

3. Or j'ai établi que le théorème de G. D. Birkhoff s'étend à toute fonction $a_{\lambda\mu}(z) \equiv \bar{a}(s)$ (s, arc de C), définie sur C et *assujettie seulement à vérifier, quels que soient s, h et k, l'inégalité*

$$|\bar{a}(s+h+k) - \bar{a}(s+h) - \bar{a}(s+k) + \bar{a}(s)| < A\,|h\,k|,$$

où A est fixe. On voit aisément qu'il en est ainsi pour les fonctions dérivables telles que

$$(2)\qquad |\bar{a}'(s+h) - \bar{a}'(s)| < A_1\,|h|.$$

Mais la réciproque est exacte : M. Choquet et M. Pauc me l'ont signalé, indépendamment l'un de l'autre, et par des méthodes différentes ([3]).

Dans les conditions actuelles, il n'est plus question ni de points z_k, ni de courbes D_1, D_2, ni d'extrapolation continue; le calcul de p_0 qui faisait intervenir celui de $\int_{D_1} |\tau|^p\,ds$, devient plus simple et fournit une limitation plus avantageuse.

4. *Dans le cas où la courbe* C *est un cercle*, j'ai étendu le théorème de Birkhoff à des données non analytiques par deux autres méthodes. La première s'applique aux fonctions $a(z)$ satisfaisant à (2); elle utilise des résultats de Plemelj ([4]), Ém. Picard ([5]) et des théorèmes de M. de La Vallée Poussin sur l'approximation par les séries de Fourier ([6]); elle fournit pour p_0 une limitation très simple. La seconde s'applique, plus généralement, à toute fonction véri-

---

([3]) *Voir* aussi un article de M. Dieudonné dont je n'ai eu connaissance qu'au moment de la correction des épreuves [*Ann. sc. Éc. Norm. Sup.*, (3), **61**, 1944, p. 237].

([4]) *Monatshefte für Math. und Phys.*, Wien, **19**, 1908, p. 209.

([5]) *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles*, Paris, 1927, p. 68.

([6]) *Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle*, Paris, 1919, Chap. I.

fiant le long de C des conditions (1). Elle s'appuie sur le théorème suivant (dont la démonstration utilise les propriétés des sommes de Fejér) : lorsque X, extérieur à C tend vers un point x de C le long d'un chemin non tangent à C, l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{z^p f(z)}{z - X} dz$$

p, entier > 0; $f(z) \equiv g(\theta)$ fonction définie sur $C(z = e^{i\theta}$; θ réel) et telle que $|g'(\theta + h) - g'(\theta)| < M|h|^\alpha$, tend vers la limite

$$I(x) = -\frac{x^p}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[(p+1)g\left(\theta + \frac{t}{p+1}\right) - pg\left(\theta + \frac{t}{p}\right) - g(\theta)\right]\frac{e^{it}}{t^2}dt$$

et l'on a

$$|I(x)| < \beta M \frac{\log p}{p},$$

où β est indépendant de p et de $f(z)$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la plaque circulaire encastrée à appui intermédiaire.* Note (¹) de M. ÉDOUARD CALLANDREAU.

1. Il s'agit d'obtenir, pour une charge p uniformément répartie, la réaction V de l'appui simple intermédiaire de niveau en A, à distance a du centre O de la plaque mince d'épaisseur h et de rayon R. On écrit que le déplacement vertical de A, appui supprimé, sous l'action simultanée de la charge p, et de la réaction V agissant comme charge concentrée, est nul.

2. L'équation biharmonique s'écrit, pour la plaque circulaire, en coordonnées polaires d'origine O et d'axe OA

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \theta^2}\right)^{(2)} z = \varpi\frac{12(1-\sigma^2)}{Eh^3} = \varpi m, \tag{1}$$

où ϖ désigne la charge unitaire au point courant r, θ.

Pour la plaque uniformément chargée, appui intermédiaire supprimé, ϖ est partout constant et égal à p, et le déplacement vertical z est indépendant de θ; l'équation (1) devient l'équation différentielle dont l'intégrale, connue, s'écrit pour le cas du bord encastré,

$$z_p = pm\frac{R^4}{64}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2,$$

d'où, pour le déplacement vertical en A,

$$z_p^A = \frac{pm}{64}(R^2 - a^2)^2.$$

(¹) Séance du 13 août 1945.

Pour la charge concentrée V seule agissante, ϖ est partout nul sauf en A. Or z est fonction de θ de période 2π, et fonction paire par suite de la symétrie par rapport au plan vertical OA. D'où z, développé en série de Fourier, s'écrit

$$z = \mathcal{A}_0 + \mathcal{A}_1 \cos\theta + \mathcal{A}_2 \cos 2\theta + \ldots + \mathcal{A}_n \cos n\theta + \ldots,$$

avec des coefficients $\mathcal{A}$, différents pour chacune des deux régions $0 \leqq r < a$, $a < r \leqq R$, mais seulement fonction de r, étant respectivement solutions des équations

$$\left(\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dr}{d\theta} - \frac{n^2}{r^2}\right)^{(2)} \mathcal{A}_n = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots, n, \ldots),$$

dont les constantes d'intégration doivent satisfaire aux conditions limites; pour $r = 0$, z n'a pas de singularité; pour $r = R$, z et dz/dr doivent être nuls; enfin, sur la ligne de raccordement des deux régions, on a les mêmes valeurs de z, dz/dr, d^2z/dr^2. D'où la valeur, connue, du déplacement vertical de A

$$z_V^A = -\frac{Vm}{16\pi}\frac{(R^2 - a^2)^2}{R^2}.$$

3. Il ne semble pas que l'on ait jusqu'alors songé à rapprocher sous la forme et dans le but recherchés ici, les valeurs de z_p^A et z_V^A. Leur somme, nulle à l'appui intermédiaire, conduit à la relation

$$V = \frac{p\pi R^2}{4}.$$

4. Ce résultat assez surprenant m'a fait reprendre la question directement sans passer par le développement de Fourier. On y parvient par l'emploi des coordonnées curvilignes. Comme première famille l'on prend les cercles, lieux des points tels que le rapport de leurs distances d_1, d_2 aux deux points fixes A et A′ (A′ inverse de A par rapport au cercle donné de rayon R) soit constant : leur argument est $\rho = \log d_2/d_1 = \text{const.}$; la seconde famille, $\omega = \text{const.}$, se compose des cercles orthogonaux passant par A et A′; dans ces conditions la plaque correspond à $\rho \geqq \log R/a = \rho_1$, le point A étant obtenu pour $\rho = \infty$.

L'équation harmonique (1) s'écrit, dans le système ρ, ω,

$$\left[(\operatorname{ch}\rho + \cos\omega)^2\left(\frac{\partial^2}{\partial\rho^2} + \frac{\partial^2}{\partial\omega^2}\right)\right]^{(2)} z = \varpi m l^4,$$

que l'on intégrera sous la forme

$$z = \sum C_n z_n,$$

les z_n représentant des intégrales particulières, et les C_n des constantes d'intégration telles que soient satisfaites les conditions aux contours.

Avec la seule charge V concentrée, $\varpi = 0$; au bord encastré et quel que soit ω, on doit avoir z et $dz/d\rho$ nuls; puis l'intégrale curviligne $\int T\,ds$, prise le long

de la très petite circonférence entourant le point singulier A, où T représente l'ensemble des actions verticales à l'intérieur de cette circonférence, c'est-à-dire l'intégrale $\int_{\omega=-\pi}^{\omega=+\pi} \mathrm{T}\,ds$, doit être indépendante de ρ et égale à V. On trouve

$$z = \frac{\mathrm{V}\,l^2 m}{4\pi}\,\frac{\frac{a^2}{\mathrm{R}^2}e^{\rho} - e^{-\rho}(2\rho - 2\rho_1 + 1)}{e^{\rho} + e^{-\rho} + 2\cos\omega},$$

qui, au point A, c'est-à-dire pour $\rho = \infty$, donne le déplacement vertical

$$z_{\mathrm{V}}^{\mathrm{A}} = -\frac{\mathrm{V}\,l^2 m}{4\pi}\,\frac{a^2}{\mathrm{R}^2}.$$

La plaque uniformément chargée sans appui intermédiaire, avec $\varpi = p$,, dans le même système de coordonnées curvilignes, conduit à

$$z = \frac{p l^4 m \mathrm{R}^4}{4(\mathrm{R}^2 - a^2)^2}\,\frac{\left(\frac{a^2}{\mathrm{R}^2}e^{\rho} - e^{-\rho}\right)^2}{(e^{\rho} + e^{-\rho} + 2\cos\omega)^2},$$

qui donne en A, c'est à-dire pour $\rho = \infty$, le déplacement vertical

$$z_p^{\mathrm{A}} = \frac{p l^4 m a^4}{4(\mathrm{R}^2 - a^2)^2}.$$

5. Et la somme nulle de $z_{\mathrm{V}}^{\mathrm{A}}$ et z_p^{A}, en tenant compte de la valeur de l, conduit à

$$\mathrm{V} = \frac{p\pi \mathrm{R}^2}{4},$$

qui confirme le résultat curieux, que la réaction de l'appui intermédiaire est toujours égale au quart de la charge totale répartie, et cela quelle que soit la position de cet appui.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements plans, non stationnaires, à circulation constante.* Note (¹) de M. **Gérard Couchet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit un profil à pointe en mouvement quelconque; xoy étant des axes liés à ce profil, le mouvement sera défini par la donnée, en fonction du temps, de la rotation instantanée ω et des composantes de vitesse l, m du point o lié au profil, on sait que, dans le cas où l, m, ω dépendent du temps, la condition de Joukowsky (vitesse fluide finie à la pointe) donne en général une circulation autour du profil Γ, dépendant du temps, de sorte qu'il est impossible d'envisager un mouvement purement irrotationnel du fluide : il y a, corrélativement aux

(¹) Séance du 11 juin 1945.

variations de Γ, échappement de tourbillons à la pointe du profil, tourbillons qui se conservent dans le fluide.

Je ne sais s'il a été signalé qu'on peut avoir des mouvements à Γ constant (et en particulier nul), donc avec un écoulement fluide purement irrotationnel, dans d'autres cas que celui d'une rotation de translation uniforme du profil (l, m, ω constants).

Le potentiel complexe d'un écoulement irrotationnel uniforme autour du profil ayant la forme

$$f = lf_1 + mf_2 + \omega f_3 - \frac{i\Gamma}{2\pi} f_4 \quad (^2),$$

il est immédiat que la circulation Γ sera déterminée, par la condition donnée plus haut, sous la forme

$$\Gamma = -4\pi a(l\sin\beta - m\cos\beta - \omega\Omega),$$

β étant l'angle avec ox de la direction de portance nulle du profil et Ω un coefficient dont l'évaluation est aisée quand on connaît la représentation conforme du profil sur le cercle de rayon a.

Les mouvements à circulation constante correspondent à

$$(1) \qquad l\sin\beta - m\cos\beta + \omega\Omega = \text{const.},$$

et il est clair que l'on peut se donner la trajectoire d'un point quelconque du plan du profil et déterminer, à chaque instant, son orientation pour vérifier la condition (1).

On peut interpréter géométriquement la condition précédente en considérant, dans le plan du profil, la droite (Δ)

$$x\cos\beta + y\sin\beta - \Omega = 0,$$

parfaitement déterminée par la forme géométrique du profil. La condition (1) exprime que la vitesse d'un point M lié au profil et pris sur la droite (Δ) a une composante sur cette droite (qui ne dépend naturellement pas du point M choisi) *indépendante du temps*.

Les mouvements en question sont donc caractérisés par la condition que la vitesse de glissement soit constante au contact de Δ (liée au profil) et de son enveloppe sur le plan fixe. En particulier les mouvements à circulation nulle s'obtiennent par roulement sans glissement de (Δ) sur une courbe fixe. Les droites du profil parallèles au premier axe enveloppent alors des courbes parallèles, leurs points caractéristiques étant sur (Δ).

Si l'on se donne le mouvement d'un point M de la droite Δ, pour chaque position de M l'orientation du profil est déterminée comme suit : la perpendi-

(2) Cf. le *Cours de Mécanique des fluides* de M. Pérès, Chap. VII, dont nous gardons les notations.

culaire au premier axe passant par M est la droite joignant ce point à l'un des points de contact des tangentes, issues de l'extrémité du vecteur vitesse, au cercle de centre M et de rayon $\Gamma/(4\pi a) = \text{const}$.

Si l'on prend la représentation du profil, sur le cercle de rayon a, sous la forme usuelle

$$z = Z + \frac{a_1}{Z} + \ldots + \frac{a_n}{Z^n} + \ldots$$

(l'origine étant le centre du profil) et si Z_P correspond à la pointe, on a

$$2a\Omega = \frac{A_{-1}}{Z_P} + \ldots + \frac{n A_{-n}}{(Z_P)^n} + \ldots,$$

avec

$$A_{-1} = \sum_{\lambda=1}^{\infty} \frac{a_\lambda \overline{a_{\lambda+1}}}{(a^2)^\lambda},$$

$$A_{-p} = \sum_{\lambda=1}^{\infty} \frac{a_\lambda \overline{a_{p+\lambda}}}{(a^2)^\lambda} + a^2 a_{p-1}.$$

On vérifiera facilement que, dans le cas d'un Joukowski symétrique, transformé de $|Z| = a$ par

$$z = Z + \frac{b^2}{Z - r} \qquad (r \text{ réel}),$$

on trouve pour Ω

$$a - \frac{r^2}{a + r},$$

expression qui se réduit à a pour une plaque de longueur $4a$.

Les formules qui donnent la force et le moment par rapport à l'origine peuvent s'écrire

$$F_{\text{réelle}} = + i\rho(l + im)\Gamma - 2\pi\rho\omega i B_1 + 2\pi\rho \frac{dB_1}{dt},$$

$$\mathfrak{M}_0 = \rho\pi\mathcal{J}\left[2(l - im) B_1 + \sum_{n=1}^{\infty} n A_n \frac{dB_n}{dt}\right] + \rho A l \omega(\zeta + \eta),$$

avec

$$B_1 = l(a_1 - a^2) - im(a_1 + a^2) - i\omega A_{-1};$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$

$$B_n = a_n(l - im) - i\omega A_{-n},$$

ξ et η étant les coordonnées du centre de gravité du profil.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur une forme de solution générale de l'équation hodographique de l'écoulement plan d'un fluide compressible, utilisant les fonctions analytiques*. Note [1] de M. **Lucien Servanty**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans le plan hodographique, l'équation régissant l'écoulement plan d'un fluide compressible s'écrit

$$\frac{W^2(1-W^2)}{1-\frac{\gamma+1}{\gamma-1}W^2}\frac{\partial^2\chi}{\partial W^2}+\frac{\partial^2\chi}{\partial\theta^2}+W\frac{\partial\chi}{\partial W}=0, \tag{1}$$

W étant le rapport de la vitesse locale à la vitesse limite correspondant à l'annulation de la densité;

θ l'angle de la direction de l'écoulement avec une direction fixe,

γ le rapport C_p/C_v.

Cette équation définit la fonction χ dans le plan hodographique, et l'on a, x et y étant les coordonnées du point du plan de l'écoulement où la vitesse est égale à W et est dirigée suivant la direction θ,

$$x=\frac{\partial\chi}{\partial(W\cos\theta)},\qquad y=\frac{\partial\chi}{\partial(W\sin\theta)}. \tag{2}$$

L'équation (1) admet des solutions complexes de la forme

$$\chi=\sum_0^\infty W^{2n}Z_n, \tag{3}$$

les fonctions Z_n successives étant des fonctions monogènes de la variable complexe

$$z=W\,e^{i\theta}, \tag{4}$$

pouvant être déduites les unes des autres par récurrence, la fonction Z_0 étant arbitraire.

Des opérations élémentaires de dérivation conduisent à la relation de récurrence

$$zZ'_{n+1}+(n+1)Z_{n+1}=\frac{n}{n+1}\left(n+\frac{1}{\gamma-1}\right)Z_n+\frac{n}{n+1}zZ'_n-\frac{1}{2(\gamma-1)(n+1)}z^2Z''_n, \tag{5}$$

qu'une suite d'intégrations simples permet d'écrire

$$Z_{n+1}=\frac{n(2\gamma-1)+2}{2(\gamma-1)(n+1)}Z_n-\frac{1}{2(\gamma-1)(n+1)}zZ'_n-\frac{n^2+n(2\gamma-1)+2}{2(\gamma-1)(n+1)}\frac{1}{z^{n+1}}\int_{z_0}^{z}Z_nz^n\,dz. \tag{6}$$

[1] Séance du 23 juillet 1945.

Nous nous bornerons dans ce qui suit au cas où le point origine est un point ordinaire pour Z_0 et nous ferons dans l'équation précédente

$$(7) \qquad z_0 = 0.$$

Dans ces conditions les fonctions Z_n sont régulières à l'origine et il est clair, d'après (6), que la fonction $Z_{(n+1)}$ admet les mêmes points singuliers que Z_0 et ceux-là seulement.

Z_n étant développée en série, dans le domaine de l'origine, sous la forme

$$(8) \qquad Z_n = \sum_{m=0}^{m=\infty} A_m z^m,$$

la fonction $Z_{(n+1)}$ s'exprime par l'expression

$$(9) \qquad Z_{n+1} = \sum_{m=0}^{m=\infty} \left[\frac{n(2\gamma-1)+2}{2(\gamma-1)(n+1)} - \frac{m}{2(\gamma-1)(n+1)} - \frac{n^2+n(2\gamma-1)+2}{2(\gamma-1)(n+1)(m+n+1)} \right] A_m z^m,$$

ayant bien entendu le même rayon de convergence.

Enfin la série (3) est convergente dans l'étoile rectiligne de Z_0 tant que W reste inférieur à l'unité.

Les coefficients de l'équation (1) étant tous réels, il est clair que cette équation admet également des solutions réelles de la forme

$$\chi = \sum_{n=0}^{n=\infty} W^{2n} \varphi_n,$$

expression dans laquelle les fonctions successives φ_n sont des fonctions harmoniques.

Ces solutions jouissent évidemment des mêmes propriétés de convergence et de conservation des points singuliers que les solutions complexes.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les corrections de parois dans les essais d'hélices.* Note de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

Considérons une hélice fonctionnant à un certain régime $\lambda = V/\omega R$ dans une veine circulaire guidée; les conditions à remplir par le champ des vitesses induites par le système tourbillonnaire libre sont : *a.* une composante normale à la paroi nulle; *b.* un souffle global nul (constance du débit).

I. Soit d'abord le cas fondamental où la distribution de circulation le long des pales est constante : le système tourbillonnaire est constitué de p tourbillons hélicoïdaux d'intensité Γ issus de chacune des p pales

au rayon ρ, et d'un tourbillon-moyeu d'intensité $-\Gamma p$ disposé suivant l'axe Oz de la soufflerie. Il donne, à l'infini aval, un potentiel $\varphi(\xi, \theta, z)$ (coordonnées semi-polaires), dans lequel θ et z n'interviennent que par la combinaison $\zeta = \theta - z/\lambda$; Kawada explicite ce potentiel, périodique en ζ, sous la forme (¹)

$$0 \leq \zeta \leq \frac{2\pi}{p} \left\{ \begin{array}{ll} \varphi_i = -\dfrac{p\Gamma}{2\pi}\left(\zeta - \dfrac{\pi}{p}\right) + \dfrac{p\Gamma\rho}{\pi\lambda}\sum_{n=1}^{\infty} K'_{np}\left(\dfrac{np\rho}{\lambda}\right) I_{np}\left(\dfrac{np\xi}{\lambda}\right)\sin np\zeta, & \text{si } \xi < \rho, \\ \varphi_e = \dfrac{p\Gamma\rho}{\pi\lambda}\sum_{n=1}^{\infty} K_{np}\left(\dfrac{np\xi}{\lambda}\right) I'_{np}\left(\dfrac{np\rho}{\lambda}\right)\sin np\zeta, & \text{si } \xi > \rho, \end{array} \right.$$

où toutes les grandeurs sont sans dimensions (ξ et ρ rapportés au rayon R de l'hélice, φ et Γ à ωR^2). Pour tenir compte des parois il faut corriger φ, d'une part par un développement φ' périodique en ζ, déterminé par la condition $\partial\varphi'/\partial\xi = -\partial\varphi/\partial\xi$ pour la valeur $\xi = \xi_0$ du rayon de la veine, et d'autre part par un potentiel de la forme $\varphi'' = Az$, dont le flux $\pi\xi_0^2 A$ compense celui de $\varphi(\pi\rho^2 p\Gamma/2\pi\lambda)$. Par suite le potentiel corrigé Φ a finalement les expressions :

$$\Phi_i = -\frac{p\Gamma}{2\pi}\left(\theta - \frac{\pi}{p}\right) + \frac{p\Gamma}{2\pi\lambda}\left[1 - \left(\frac{\rho}{\xi_0}\right)^2\right] z + \frac{p\Gamma\rho}{\pi\lambda}\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{K'_{np}\left(\dfrac{np\rho}{\lambda}\right) - K'_{np}\left(\dfrac{np\xi_0}{\lambda}\right) I_{np}\left(\dfrac{np\rho}{\lambda}\right)}{I'_{np}\left(\dfrac{np\xi_0}{\lambda}\right)}\right] I_{np}\left(\frac{np\xi}{\lambda}\right)\sin np\zeta,$$

$$\Phi_e = -\frac{p\Gamma}{2\pi\lambda}\left(\frac{\rho}{\xi_0}\right)^2 z + \frac{p\Gamma\rho}{\pi\lambda}\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{K_{np}\left(\dfrac{np\xi}{\lambda}\right) - K'_{np}\left(\dfrac{np\xi_0}{\lambda}\right) I_{np}\left(\dfrac{np\xi}{\lambda}\right)}{I'_{np}\left(\dfrac{np\xi_0}{\lambda}\right)}\right] I'_{np}\left(\frac{np\rho}{\lambda}\right)\sin np\zeta.$$

II. Il est clair que, dans le cas d'une répartition quelconque de circulation $\Gamma(\rho)$, l'intégration du potentiel élémentaire précédent donne la solution du problème; mais l'évaluation des *corrections de parois*, c'est-à-dire les différences entre les caractéristiques de fonctionnement C_T et C_Q de l'hélice en veine guidée et dans un fluide illimité, demande en fait de déterminer au préalable les modifications apportées dans la répartition Γ par la présence, dans le premier cas, des vitesses dérivant de φ' et φ''. Il est donc essentiel de résoudre l'équation du fonctionnement aérodynamique de l'hélice, compte tenu des parois, pour en comparer la solution à celle de l'équation correspondante en fluide libre : c'est ce que permet d'effectuer facilement le *Calculateur d'hélices* que j'ai déjà décrit (²).

(¹) Les fonctions I_{np} et K_{np} sont les solutions fondamentales de l'équation de Bessel modifiée d'ordre np.

(²) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 411.

La réalisation de cet appareil est fondée sur le fait que le potentiel F des tourbillons libres en milieu indéfini ne dépend que des variables ξ et ζ; un calcul élémentaire effectué sur les expressions du paragraphe précédent montre qu'en présence des parois, le potentiel F peut être mis sous la forme de la somme d'un potentiel $f(\xi, \zeta)$ à deux variables et d'une fonction linéaire en z dont le coefficient de z est

$$-\frac{2p}{\pi\lambda\xi_0^2}\int_0^1 \rho\Gamma(\rho)\,d\rho = -\frac{p\overline{\Gamma}}{\pi\lambda\xi_0^2}.$$

C'est le potentiel f qu'il convient de considérer, car il est représentable analogiquement; ses discontinuités à la traversée des nappes tourbillonnaires sont les mêmes que celles de F, égales par conséquent à la circulation Γ, et le problème revient à déterminer la fonction $f(\xi, \zeta)$, solution de l'équation de Goldstein régulière dans un secteur d'ouverture π/p, ayant les propriétés aux limites classiques des potentiels hélicoïdaux, avec en plus : *a.* la condition $df/dn = 0$ à la paroi de la veine, condition qui sera automatiquement remplie si nous matérialisons dans le bassin une paroi circulaire isolante dont le rayon se déduit de ξ_0 par la transformation définie dans la Note citée; *b.* la condition qui exprime l'équation du fonctionnement aérodynamique de la pale que le calcul de l'angle induit permet d'exprimer sous la forme

$$(1)\qquad 2f = Rt\sqrt{\lambda^2+\xi^2}\left[i(\xi) + \frac{1}{2\lambda}\frac{df}{dn} + \frac{p\overline{\Gamma}}{2\pi\lambda\xi_0^2}\frac{\xi}{\lambda^2+\xi^2}\right].$$

Cette condition sera satisfaite par l'alimentation usuelle de la plaquette figurative de la pale au moyen d'un système de résistances et de potentiomètres; le terme qui contient $\overline{\Gamma}$ est initialement inconnu, mais il est facile d'en avoir une valeur approchée, ce qui ramène l'équation (1) au type ordinaire; on atteint la solution définitive au moyen d'approximations successives.

Deux expériences, avec et sans paroi, permettent donc de comparer le fonctionnement de la pale dans un essai de soufflerie et en fluide illimité. Remarquons que l'on peut, par des procédés analogues, justifier l'étude de l'influence du fuseau-moteur par l'introduction dans le bassin d'une seconde paroi circulaire isolante : l'interaction ainsi étudiée correspond théoriquement à un fuseau cylindrique infiniment long, c'est-à-dire pratiquement au montage type *minimum Body* utilisé en France. Nous donnerons ailleurs un compte rendu détaillé de ces expériences.

LOGIQUE SYMBOLIQUE. — *Logique adaptée aux théories quantiques.* Note (¹) de Mme **Paulette Destouches-Février.**

Nous avons montré (²) qu'à chaque théorie physique se trouvait adaptée une logique. Les théories subjectivistes, en particulier les théories quantiques, exigent une logique particulière que nous appellerons *logique de complémentarité et subjectivité,* dont nous allons indiquer quelques traits essentiels.

L'utilisation de la théorie générale des prévisions (³) permet d'établir qu'à chaque énoncé p d'un résultat de mesure (proposition expérimentale de la forme : Ré mes $A = \mathcal{E}_A$) correspond un ensemble E_p dans l'ensemble $\mathfrak{X}_0$ des éléments initiaux (fonctions d'ondes initiales) et une multiplicité linéaire $\mathfrak{M}_p$ dans l'espace affine $(\mathcal{Y})$ (en particulier espace hilbertien des fonctions d'ondes en mécanique ondulatoire). En outre cette correspondance est telle que le calcul des propositions expérimentales admet un homomorphisme avec le calcul des multiplicités de l'espace $(\mathcal{Y})$ (algèbre de géométrie projective). Ceci généralise les résultats obtenus par MM. Birkhoff et von Neumann (⁴) pour la mécanique quantique. Aux propositions dites *exclues* correspond l'ensemble vide Λ dans $\mathfrak{X}_0$ et la multiplicité O dans $(\mathcal{Y})$. Ces propositions sont de deux types : les propositions à conséquences contradictoires, et les produits logiques de paires incomposables (⁵). A la négation $\sim p$ de p correspond la multiplicité $\mathfrak{M}_{\sim p}$ complémentaire orthogonale de $\mathfrak{M}_p$. Au produit logique $p \,\&\, q$ de deux propositions expérimentales p, q correspond l'intersection des multiplicités; cette intersection se réduit à O si la paire p, q est incomposable (mesures impossibles à réaliser simultanément); elle a au moins une dimension si la paire p, q est composable (mesures réalisables simultanément).

La conjonction *ou* prend deux significations distinctes : 1° *Somme logique forte* ou *mélange* $p \vee q$ signifiant que l'on a mesuré soit la grandeur A, et trouvé le résultat dans $\mathcal{E}_A$, soit B et trouvé le résultat dans $\mathcal{E}_B$, soit les deux si elles sont composables, et trouvé le résultat dans $\mathcal{E}_A \times \mathcal{E}_B$, sans que l'on indique laquelle des mesures a été faite. A cette opération $\vee$ correspond un ensemble formé par la réunion $\mathfrak{M}_p \cup \mathfrak{M}_q$ des multiplicités (en mécanique ondulatoire, c'est l'opération de mélange); 2° *Somme logique faible* ou *superposition* $p \bigvee q$. Elle prend un sens qui ne se rencontre pas dans les théories classiques; $p \bigvee q$ signifie que que l'on a effectué une mesure de A ou bien de B ou bien de A & B avec une imprécision qui permet d'affirmer seulement que le résultat de A & B appartient à $(\mathcal{E}_A \times \mathcal{C}_B) \cup (\mathcal{C}_A \times \mathcal{E}_B)$, en désignant par $\mathcal{C}_A$ et $\mathcal{C}_B$ les spectres de A et de B.

(¹) Séance du 25 juin 1945.

(²) *Comptes rendus,* **219**, 1944, p. 481.

(³) J.-L. Destouches, *Principes fondamentaux de Physique théorique,* II.

(⁴) *Annals of Math.*, **49**, 1936, p. 823.

(⁵) P. Février, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 958.

A cette opération correspond l'addition $\mathfrak{M}_p \oplus \mathfrak{M}_q$, multiplicité engendrée par $\mathfrak{M}_p$ et $\mathfrak{M}_q$ dans $(\mathcal{Y})$ (en mécanique ondulatoire c'est l'opération de superposition d'ondes à amplitudes arbitraires).

On peut aussi considérer une opération $\bigtriangledown$, somme logique avec exclusion. L'implication $\rightarrow$ correspond à l'inclusion $\subseteq$ des ensembles et multiplicités. A l'équivalence $\leftrightarrow$ et à l'identité $\equiv$ correspond l'égalité des multiplicités.

Ce calcul des propositions est plus faible que le calcul classique L_0; il constitue un *treillis* (*lattice*) par rapport aux opérations &, $\vee$ et &, $\bigvee$, avec complément par la négation $\sim$ entre & et $\bigvee$ (mais pas entre & et $\vee$), distributivité en $\vee$; l'identité modulaire est valable en $\bigvee$, mais pas la distributivité. En outre il y a des règles de composabilité (complémentarité). On peut réduire à trois opérations fondamentales, par exemple : incompatibilité $|$, $\vee$, $\equiv$. Le principe du tiers exclu est valable en $\bigvee$ mais pas en $\vee$.

En particulier on n'a pas l'identité

$$p \,\&\, q . \vee . p \,\&\, \sim q . \vee . \sim p \,\&\, q . \vee . \sim p \,\&\, \sim q,$$

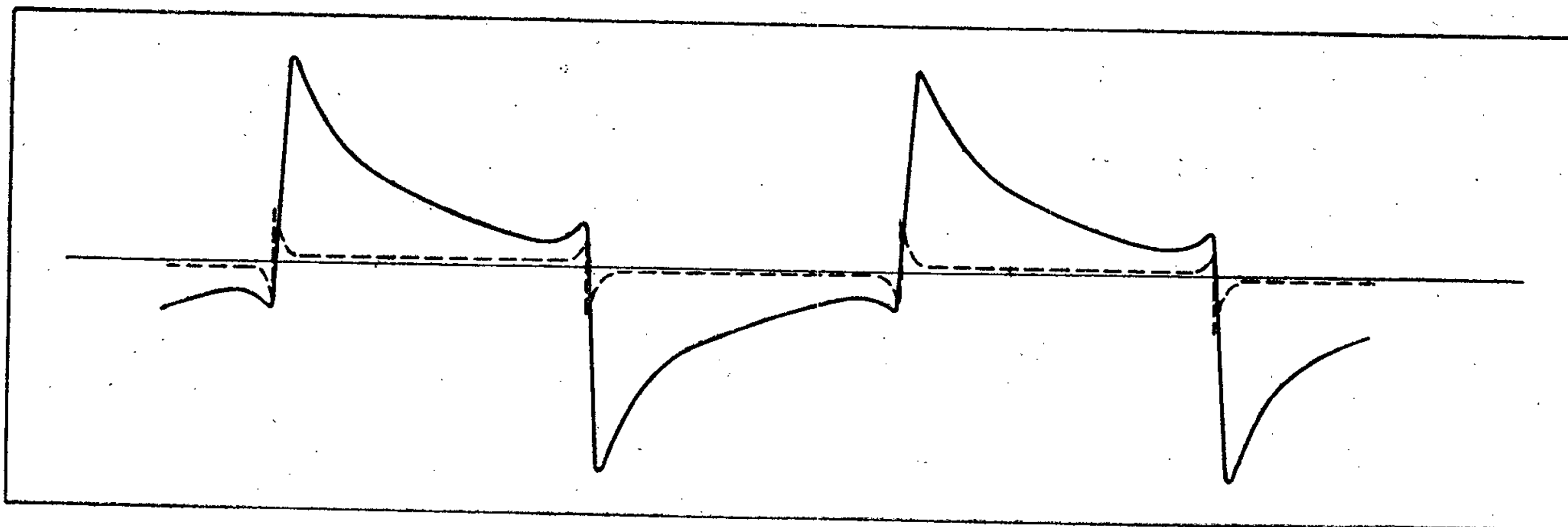
parce que le tiers exclu n'est pas valable en $\vee$, et on ne l'a pas non plus en $\bigvee$ parce que la distributivité n'est pas valable en $\bigvee$. Cela signifie physiquement que, si l'on considère les mesures de deux grandeurs A, B, ou des prévisions, on ne peut affirmer, préalablement à une mesure, non seulement un des termes de la somme précédente, mais cette somme elle-même, qu'elle soit forte ou qu'elle soit faible. Cela est dû à l'impossibilité d'analyser un résultat de mesure imprécise, ou encore au fait que l'on exclurait des cas de possibilité simultanée de p et de $\sim p$, ou de q et de $\sim q$, qui sont permises par des superpositions d'ondes; la multiplicité associée à la somme précédente n'est pas l'espace entier $(\mathcal{Y})$. C'est seulement dans une théorie objectiviste que ces identités ont lieu; la validité de l'une d'elles peut donc servir de critère pour déceler une théorie de ce type.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la tension d'étincelle en très haute fréquence.* Note de M. **Stanislas Teszner**, présentée par M. Camille Gutton.

On sait que la tension d'une étincelle (alimentée sous une haute différence de potentiel) en courant alternatif à basse fréquence comprend, pour chaque demi-période, une légère pointe, dite de rétablissement ou de réamorçage; un palier de faible amplitude, s'étendant sur la quasi-totalité de la demi-période et une nouvelle légère pointe, dite d'extinction ou de désamorçage (voir sur la figure la courbe en trait pointillé).

Or nous avons constaté, au cours de recherches expérimentales que, lorsqu'on élève la fréquence, l'amplitude de la pointe de rétablissement et, surtout, sa durée relative croissent, celle du palier diminuant en conséquence. La courbe de la tension devient de plus en plus dissymétrique,

par rapport à l'ordonnée correspondant au quart de période; finalement, le palier disparaît complètement (voir sur la figure la courbe en trait plein). Ce phénomène est particulièrement accusé pour des étincelles à



électrodes dites froides, c'est-à-dire en l'absence complète, ou quasi complète, de l'émission thermoionique, ce qui est une condition *sine qua non* pour éviter la dégénérescence d'une étincelle en un arc. La tension équivalente de l'étincelle, c'est-à-dire la chute de tension intervenant, par exemple, dans l'amortissement d'une oscillation libre d'un circuit comprenant une étincelle, s'élève, alors, bien au delà de la tension du palier (15 à 50 volts dans l'air), pouvant, pour des fréquences de l'ordre de 100 à 1000 Mc atteindre l'ordre de grandeur de quelques centaines et même, semble-t-il, dépasser un millier de volts.

Dans la présente Note nous nous proposons d'esquisser une théorie physique de ces modifications de la courbe de tension, fort gênantes pour des applications de l'étincelle dans les circuits oscillants à très hautes fréquences.

L'existence d'un palier de tension suppose que la résistance électrique de l'étincelle varie en raison inverse du courant et que, par suite, sa section droite varie en raison directe. Cette adaptation de l'aire offerte au courant se produit sous l'effet d'un champ transversal déjà signalé par W. Rogowski (1). Toutefois, pour des courants très rapidement variables, l'inertie électronique empêche une adaptation exacte.

Pour ce qui concerne la pointe d'extinction, cette inertie, retardant l'instant où l'étincelle devient instable, a un effet favorable : en effet nous avons déjà montré (2) que l'amplitude théorique de cette pointe est donnée par la relation

$$V = U\left(\frac{1}{\cos\Theta} - 1\right),$$

où U est l'amplitude de la tension d'alimentation du circuit et Θ l'angle

(1) *Archiv. für Elektrotechnik*, **25**, 1931, pp. 551 et suiv.

(2) *Conf. Intern. des Grands Réseaux Électriques*, Paris, **1**, 1939, rapport **127**.

de déphasage de l'origine de la pointe par rapport au prochain passage par zéro du courant. On conçoit qu'en très haute fréquence, l'angle Θ diminuant, l'amplitude V diminue également. D'autre part, celle-ci sera limitée par la capacité de régénération diélectrique du milieu durant le temps d'établissement de la pointe. Pratiquement, donc, la tension V ne pourra pas dépasser ici la tension minimum d'amorçage, soit dans l'air environ 350 volts.

Il en est tout autrement pour la pointe de rétablissement de la tension. Une analyse du problème nous a conduit à ce sujet aux conclusions suivantes :

Pour que l'étincelle puisse se rétablir avec un courant ayant changé de sens, il faudra que : 1° le champ préexistant, développé entre l'écran des ions positifs et l'ancienne cathode devenue l'anode, champ qui repousse les électrons, soit *compensé*; 2° les électrons se trouvant derrière le rideau ionique soient *attirés* à l'anode, sous l'effet d'un champ complémentaire qui devra être *développé*; 3° à la nouvelle cathode, un champ suffisant pour assurer la formation extrêmement rapide d'une nouvelle avalanche électronique en sens opposé au précédent soit *créé*. La tension résultante de la pointe peut dépasser très sensiblement 1000 volts. De ces trois composantes, indiquées ci-dessus, si la première semble fixe, la troisième paraît croître avec la fréquence du courant, tendant toutefois asymptotiquement vers une valeur limite, tandis que la deuxième semble croître sans aucune limitation, tout particulièrement pour les très hautes valeurs de la fréquence du courant.

Les conséquences de ces phénomènes se conçoivent facilement. Avec l'augmentation de l'amplitude de la pointe de rétablissement, la durée de rajustement à la tension du palier croîtra également, dans une certaine mesure, du fait de l'inertie électronique, dont on a déjà ci-dessus signalé l'effet. Cet accroissement se fera d'autant plus sentir que la durée de la demi-période sera plus courte, et l'on comprend, ainsi, le mécanisme par lequel, pour de très hautes fréquences, la tension du palier pourra ne plus être atteinte et la tension équivalente de l'étincelle s'élever jusqu'à des valeurs *a priori* insoupçonnées.

On remarque l'importance que jouent, dans ce processus, les phénomènes de rétablissement de la tension. Nous essayerons de les analyser plus en détail et d'apporter, à ce sujet, quelques précisions quantitatives.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mobilité et hydratation des ions; viscosité des solutions salines.* Note de M. **Eugène Darmois**, présentée par M. Camille Gutton.

I. J'ai indiqué (¹) une méthode qui permet de calculer l'hydratation des ions en solution infiniment étendue; j'en rappelle le principe. A l'aide de la

(¹) *J. de Phys.*, 2, 1941, pp. 2-11.

mobilité de l'ion à la dilution infinie et en admettant la formule de Stokes, on calcule le rayon r_s de l'ion, puis son volume v_s. L'emploi des densités des solutions salines permet d'autre part de calculer le volume occupé en solution infiniment étendue par une molécule d'un sel; ce volume est la somme des volumes des ions; on peut ainsi dresser une table des volumes *apparents* des ions en solution. Si v_a est ce volume, on démontre que $v_s - v_a$ est le volume de l'eau fixée par l'ion. En évaluant les volumes en $Å^3$ (Angström cubes), $(v_s - v_a)/30$ est le nombre des molécules d'eau fixées par l'ion. Pour Cl^3La, par exemple, on trouve à 25°, $\Lambda_\infty = 145,6$, ce qui donne pour 1/3 La la mobilité 70,2. La formule de Stokes donne ensuite $r_s = 3,90$ Å, soit $v_s = 248,2$ $Å^3$. D'autre part les densités de $(NO^3)^3La$ permettent de trouver $v_a = -112$. La formule ci-dessus fixe alors l'hydratation à $12H^2O$. On trouve de même $8H^2O$ pour Co^{+++}, $30H^2O$ pour Al^{+++} etc.

Pour rendre compte de l'architecture de l'ion La^{+++}, $12H^2O$, on est amené à disposer, suivant une disposition dodécaédrique, 12 sphères tangentes de rayon R_0 (rayon de la molécule d'eau) autour d'une sphère de rayon r (rayon cristallin de l'ion La^{+++}). On trouve facilement que les centres des 12 sphères sont sur une sphère de rayon R, avec $R^2 = R_0^2[(5+\sqrt{5})/2] = 3,618R_0^2$ ou $R = 1,904R_0$. Une sphère de rayon R_0 touche 5 sphères analogues et la sphère de rayon r. On a aussi $r = R - R_0 = 0,904R_0$. Si l'on prend $R_0 = 1,38$ Å, cela donne $r = 1,24$ Å; or le rayon r est de 1,22 Å. L'enveloppe extérieure du paquet de sphères a comme rayon $R + R_0 = 2,904R_0 = 4,0$ Å, nombre assez voisin de 3,90 pour qu'on puisse réaliser l'arrangement en question en déformant légèrement les molécules d'eau. Des considérations analogues s'appliquent aux autres ions hydratés.

Le volume déduit de la formule de Stokes représente donc le volume réellement occupé par l'ion en solution; il en résulte que la formule de Stokes s'applique aux ions hydratés.

II. Un certain nombre d'ions donnent des volumes *de Stokes* inférieurs à leur volume cristallin; c'est le cas pour K, Rb, Cs, Cl, Br, I etc. Ces ions, bien que sphériques, n'obéissent pas à la formule de Stokes. L'écart à la loi de Stokes peut être rendu très sensible en usant d'un procédé graphique; on représente un ion par deux coordonnées, son rayon r_s et son rayon *cristallin* r_c. Les ions hydratés se placent d'un côté de la bissectrice $r_s = r_c$, les ions qui s'écartent de la loi de Stokes sont de l'autre côté; l'écart avec la bissectrice croît avec l'hydratation pour les premiers; pour les autres, l'écart augmente dans les séries lyotropiques. On constate que l'écart à la loi de Stokes est plus grand, à r_c égal, pour un ion monovalent négatif que pour un ion positif. On ne peut donc pas supposer, comme l'ont fait certains auteurs, que cet écart tient uniquement à la structure discontinue de l'eau et à la petitesse des ions. Cette cause d'écart n'est pas unique; la charge de l'ion intervient. Nous avons donc supposé que l'écart à la loi de Stokes tient à ce que l'ion n'est pas *mouillé* par

l'eau. Une particule sphérique de rayon r présente, par rapport à la loi de Stokes, un écart de la forme $f(r)$, où f tend vers zéro pour r assez grand; l'écart $f(r)$ est indépendant de la charge. En plus, quand la particule est chargée, son champ, insuffisant pour lier l'eau d'une façon permanente, est suffisant pour changer, autour de la particule, la coordinence de l'eau. Un ion de rayon r sera plus mouillé qu'une particule non chargée. En exprimant l'écart à la loi de Stokes par la différence $r_c - r_s$, on peut obtenir la forme de la fonction $f(r)$. On constate ainsi que les particules non chargées suivent la loi de Stokes à partir de $r = 3{,}4$ Å, les ions monovalents positifs et négatifs à partir de $r = 2{,}8$ Å, les ions divalents à partir de $r = 2{,}2$ Å. La différence entre les ions + et — s'explique par la position du dipôle de l'eau, plus éloigné d'un cation que d'un anion.

III. Depuis les premières mesures de Poiseuille (1847), la viscosité des solutions salines a fait l'objet de nombreux travaux. La première théorie sérieuse est celle de Falkenhagen ([2]), qui applique à cette question les principes de Debye et Hückel. Si η est la viscosité de la solution de concentration molaire γ, η_0 la viscosité de l'eau, on prévoit pour γ très petit une expression de la forme $(1 - \eta)/\eta_0 = A\sqrt{\gamma}$. Un assez grand nombre de mesures ont été faites pour vérifier cette expression. Si l'on porte $(1 - \eta)/\eta_0$ en fonction de $\sqrt{\gamma}$, on obtient une courbe de forme parabolique $y = A\sqrt{\gamma} + B\gamma + \ldots$

La formule de Falkenhagen donne le terme A; elle ne donne aucun renseignement sur B, qui est nettement plus grand que A. Exemple, $Fe(CN)^6K^4$, $A = 0{,}037$, $B = 0{,}366$. L'explication du terme B nous semble devoir être donnée par la théorie qu'Einstein a publiée en 1906 ([3]) : une dispersion de sphères dans un liquide de viscosité η_0 possède une viscosité donnée par $(1 - \eta)/\eta_0 = 2{,}5\varphi$, où φ est le rapport des volumes de la substance dispersée et du solvant. La formule d'Einstein n'a été appliquée jusqu'ici qu'aux colloïdes, pour lesquels la dimension des particules était nettement plus grande que celle des molécules du solvant. D'après ce que nous disons ci-dessus, elle doit être applicable aux ions qui suivent la loi de Stokes. On vérifie de suite qu'elle donne bien un terme $B\gamma$; si l'on évalue les volumes des ions en Å^3, on trouve $B = 0{,}0015v$, où v est le volume total des ions d'une molécule. Pour $(SO^4)^3Cr^2$, jusqu'à $\gamma = 0{,}0015$, on trouve $B = 0{,}36$; d'autre part $v = 246$, le calcul de B donne 0,37. Pour $[Fe(CN)^6]^2Ca^3$, on trouve de même $B_{exp} = 1{,}13$ et $B_{calc} = 1{,}04$. Si l'on tient compte de ce que les deux formules de Falkenhagen et Einstein ne représentent que les premiers termes d'un développement, il est très probable que notre supposition est correcte.

([2]) *Électrolytes*, Paris, 1934.

([3]) *Ann. Physik*, **19**, 1906, p. 289; **34**, 1911, p. 591.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rôle de la constante diélectrique dans la chromatographie par élution fractionnée.* Note [1] de MM. **Jean Jacques** et **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Marcel Delépine.

La méthode de chromatographie par élution fractionnée (*Durchlaufmethode*) a été imaginée et utilisée couramment par Reichstein et son école [2], qui emploient une série de solvants dont la nature et l'ordre semblent fixés empiriquement de façon immuable, d'après leur pouvoir éluant croissant : hexane ou éther de pétrole, benzène, éther, chloroforme, acétate d'éthyle, acétone, alcool méthylique. Nous avons remarqué que l'ordre précédent est aussi celui de l'accroissement de la constante diélectrique ε.

Cette remarque nous a conduits à étudier l'adsorption par l'alumine de corps solides (benzophénone, anthracène) dissous dans les solvants précédents et dans quelques autres (dichloréthane, butanol-2, éthanol) que nous avons fait figurer dans le tableau ci-joint.

Solvant.	C^6H^{14}.	C^6H^6.	$(C^2H^5)^2O$.	$CHCl^3$.	$C^2H^4Cl^2$.	C^4H^9OH.	$(CH^3)^2CO$.	C^2H^5OH.	CH^3OH
ε......	1,88	2,29	4,37	5,2	10,4	15,5	21,5	26	31,2
$\mu.10^{18}$..	0	0	1,13	0,99	1,27	1,65	2,90	1,70	1,67
$\alpha.10^{24}$.	12	10	8,8	8,3	9,6	»	6,3	»	3,2

Nous avons également étudié l'adsorption de mélanges de solvants. Les résultats de nos expériences permettent d'énoncer les propositions suivantes :

1° *Dans un mélange binaire* (comprenant deux liquides ou un solide et un liquide) *le constituant le plus adsorbé est celui dont la constante diélectrique est la plus élevée*. Nous avons vérifié cette règle sur les mélanges suivants : $C^6H^{14} + CHCl^3$; $CHCl^3 + CH^3OH$; $C^2H^4Cl^2 + C^4H^9OH$; $C^6H^6 + CHCl^3$; $C^6H^6 + (CH^3)^2CO$; $C^6H^6 + C^2H^5OH$; benzophénone ($\varepsilon = 13,3$) dans C^6H^6, $CHCl^3$, $C^2H^4Cl^2$, C^4H^9OH, $(CH^3)^2CO$.

2° *Dans les mélanges binaires* (ε_1, ε_2) *dont l'un des constituants reste le même, la quantité adsorbée du constituant de plus forte constante diélectrique croît avec la différence* $|\varepsilon_1 - \varepsilon_2|$. Nous avons éprouvé cette proposition dans les cas rapportés ci-dessus, en faisant varier la nature du constituant le plus adsorbé ou le moins adsorbé.

3° *Dans les mélanges ternaires, c'est encore le constituant de plus forte constante diélectrique qui est toujours le plus adsorbé.* Cette règle a été vérifiée pour des mélanges benzophénone + acétone + benzène, les proportions des deux liquides variant de façon que leur mélange ait une constante diélectrique supérieure ou inférieure à celle du solide.

On peut tirer des propositions précédentes les conséquences pratiques qui suivent :

---

(1) Séance du 6 août 1945.

(2) *Helv. Chim. Acta*, **19**, 1936, p. 1387 et, *passim*, depuis 1938.

1° Il est possible de se laisser guider par les valeurs des constantes diélectriques pour accroître la gamme des éluants et réaliser ainsi des séparations plus serrées.

2° L'élution par un mélange de solvants n'a de sens que si les constantes diélectriques des constituants sont séparément inférieures à celle du corps à éluer. Cela résulte de la troisième proposition énoncée.

3° Il convient d'éviter l'emploi des solvants susceptibles de subir une altération fournissant un mélange de corps de constantes diélectriques très différentes. L'expérience nous a montré qu'en particulier l'acétate d'éthyle subit, par passage sur l'alumine, une modification qui accroît son pouvoir éluant, vraisemblablement par formation de petites quantités d'alcool, ainsi que le montre la diminution de l'indice de réfraction.

La relation entre l'adsorption et la constante diélectrique explique en outre un grand nombre d'observations déjà connues ([3]), influence des groupes hydroxyles, de l'estérification et de l'accumulation des doubles liaisons.

On s'attendrait à ce que le mécanisme moléculaire des phénomènes observés fît intervenir le moment électrique μ ([4]) ou la polarisabilité α des molécules. Le tableau montre cependant que l'adsorption ne varie pas régulièrement en même temps que les valeurs de μ ou de α. Les écarts ont lieu pour des composés hydroxylés (ici, des alcools), chez lesquels il existe des associations moléculaires qui permettent d'expliquer les phénomènes observés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La théorie des molécules encagées et la conductibilité thermique des liquides*. Note ([1]) de M. **André Fournier**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La théorie actuelle des liquides considère chaque molécule comme enfermée dans une cage constituée par les molécules voisines, d'où elle ne peut s'échapper que difficilement. Énergétiquement, elle est dans un trou de potentiel; soit q la hauteur des parois. A l'intérieur de sa cage, la molécule effectue un mouvement intermédiaire entre l'oscillation harmonique de l'état solide et la translation entre chocs de l'état gazeux, le trou de potentiel ayant une forme intermédiaire entre le trou parabolique et le trou rectangulaire. Assimilons ce mouvement à un mouvement périodique de fréquence ν et de vitesse moyenne v; nous pouvons définir un libre parcours moyen l par la relation $v = 2\nu l$, le centre de la molécule abordant les parois du trou 2ν fois par seconde, sans que nous considérions ces tentatives de sortie, sans transfert de quantité de mouvement ni d'énergie, comme des chocs contre les molécules voisines. Il est justifié de prendre pour v

---

([3]) E. Lederer, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 897.

([4]) R. T. Arnold, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1611.

([1]) Séance du 30 juillet 1945.

la vitesse moyenne d'agitation thermique de l'état gazeux, donnée par $mv^2 = 3kT$ (notations habituelles), puisque à l'état solide la vitesse quadratique moyenne a aussi la même valeur $v^2 = v_0^2/2$, v_0 étant la vitesse maximum du mouvement harmonique donnée par $mv_0^2 = 6kT$. On est conduit ([2]) à admettre pour l des valeurs nettement plus petites que $L - 2r$ (L, distance moyenne des molécules; r, leur rayon). Cela se conçoit qualitativement d'après la forme du trou de potentiel, la limite $l = (3/4)(L - 2r)$ étant atteinte pour un trou rectangulaire.

Sur 2ν tentatives de sortie par seconde, f sont efficaces; la molécule fait alors un saut de longueur moyenne L; $f = 2\nu \exp(-q/kT)$. On en déduit le coefficient de self-diffusion

$$D = \frac{1}{6} f L^2 = \frac{1}{3} \nu L^2 \exp\left(-\frac{q}{kT}\right).$$

Dans certains problèmes, la molécule se trouve dans un gradient (de vitesse pour la viscosité, de température pour la conductibilité thermique, de potentiel électrique pour la mobilité des ions électrolytiques); à la hauteur q de la barrière de potentiel se superpose un terme correctif qui l'abaisse d'un côté et l'élève de l'autre. Dans le sens du gradient, le nombre de sauts par seconde est alors

$$f^+ = \frac{\nu}{3} \exp\left(\frac{-q + \frac{\varepsilon}{2}}{kT}\right)$$

et dans le sens contraire, l'expression analogue avec des signes moins. Le nombre de sauts responsables du transport (de quantité de mouvement, d'énergie ou de charges électriques) est alors

$$f^+ - f^- \simeq \frac{\nu}{3} \frac{\varepsilon}{kT} \exp\left(-\frac{q}{kT}\right) = \frac{f}{6} \frac{\varepsilon}{kT}.$$

Avec cette analyse, Polissar ([3]) retrouve pour la mobilité U d'un ion électrolytique l'équation de Nernst, indépendamment de la formule de Stokes; et Simha ([4]) trouve pour le coefficient de viscosité

$$\eta = \frac{RTL^2}{VD}$$ (V, volume molaire; $R = Nk$, constante molaire).

Les coefficients de température de ces différentes grandeurs (D, U, η) peuvent aider à déterminer les paramètres q, l, ν. Le coefficient $d\nu/\nu\, dT$ dépendra de la forme de potentiel choisie. Avec notre représentation simplifiée

---

([2]) A. Fournier, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1944.
([3]) *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 833.
([4]) *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 103.

et l'hypothèse que l varie comme $L - 2r$,

$$\frac{d\nu}{\nu\, dt} = \frac{dv}{v\, dT} - \frac{dl}{l\, dT} = \frac{1}{2T} - \beta\frac{L}{l}$$

(3β, coefficient de dilatation du liquide).

Appliquons la même analyse à la conductibilité thermique; $\varepsilon = mc_v \Delta T$ (c_v, chaleur spécifique; ΔT, variation de température pour la distance L). Chaque molécule qui saute transporte l'énergie $mc_v T$. Le transport d'énergie par seconde et par unité de surface est donc

$$W = nL\frac{f}{6}\frac{mc_v \Delta T}{kT} mc_v T$$

(n, nombre de molécules par unité de volume), et l'expression du coefficient de conductibilité thermique

$$K = nL^2\frac{f}{6}\frac{mc_v}{kT} mc_v T = nD\frac{mc_v}{kT} mc_v T$$

ou, en introduisant la capacité calorifique molaire C_v,

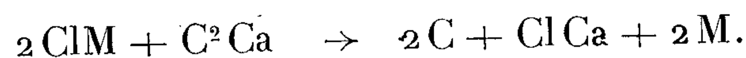
$$K = \frac{DC_v^2}{VR} = \frac{C_v^2}{V^2}\frac{L^2 T}{\eta}.$$

10^{-3} watt/cm/deg.	H^2O.	C^2H^5OH.	CH^3OH.	C^6H^6.	CS^2.
K calculé (à 20° C.).....	6,2	1,6	2,3	1,9	1,3
» observé............	5,9	1,8	2,1	1,7	1,6

Les nombres du tableau ont été calculés à partir du coefficient de viscosité, de la masse spécifique, de la chaleur spécifique à pression constante, et des coefficients de dilatation et de compressibilité, avec $NL^3 = V\sqrt{2}$, coefficient qui correspondrait à une structure quasi cristalline plus dense qu'elle n'est réellement dans la plupart des cas. Ces résultats, qui ont l'avantage de reposer sur un schéma simple, conviennent en première approximation à des molécules de forme assez ramassée. Pour des chaînes comme la molécule d'hexane normal, la valeur calculée est environ deux fois trop petite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du carbure de calcium sur les chlorures et les fluorures alcalinoterreux*. Note de M. **Maurice Bernard**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le carbure de calcium est un réducteur puissant agissant sur la plupart des oxydes métalliques, comme le ferait un mélange de carbone et de calcium. Il agit également sur les halogénures mais, dans ce cas, le calcium réagit en général seul et le carbone est mis en liberté en même temps que le métal. C'est ce qui se passe avec les chlorures alcalins, comme l'ont montré Hackspill et Staeling [1]



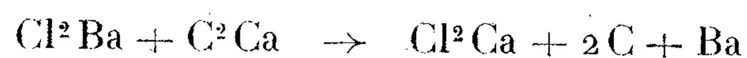
$$2\,ClM + C^2Ca \rightarrow 2\,C + Cl\,Ca + 2\,M.$$

(1) L. Hackspill, *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 106; L. Hackspill et Staeling, *Bull. Soc. Chim.*, **15**, 1914, p. 532.

Dans le vide et vers 800°, le métal volatil M distille et l'on peut l'obtenir avec un rendement de 95 % à condition d'utiliser un excès de carbure.

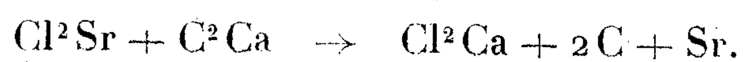
P. Rémy-Gennété réalisa la même réaction ([2]) avec un halogénure alcalinoterreux et, chauffant vers 1400° au four Chaudron, sous vide, un mélange de C^2Ca et Cl^2Ba, obtint un alliage métallique de baryum contenant environ 5 % de calcium.

Nous avons confirmé les résultats de Rémy-Gennété en ce qui concerne le baryum, avec la réaction



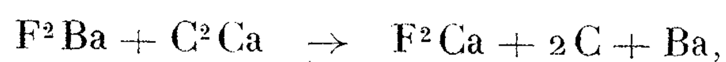
$$Cl^2Ba + C^2Ca \rightarrow Cl^2Ca + 2C + Ba$$

et nous les avons étendus au strontium suivant la réaction



$$Cl^2Sr + C^2Ca \rightarrow Cl^2Ca + 2C + Sr.$$

Mais ces réactions sont limitées par la volatilité des chlorures alcalino-terreux aux températures utilisées et une grande partie échappe à la réaction. Nous leur avons donc substitué, pour augmenter le rendement, les fluorures correspondants, moins volatils, et obtenu les métaux alcalino-terreux au moyen des deux réactions



$$F^2Ba + C^2Ca \rightarrow F^2Ca + 2C + Ba,$$



$$F^2Sr + C^2Ca \rightarrow F^2Ca + 2C + Sr.$$

A cet effet nous utilisons un dispositif dérivé de celui de A. Guntz ([3]) et dont le principe est de condenser le métal qui distille dans le vide sur un tube d'acier parcouru par un courant d'eau froide. Le chauffage est effectué par un générateur à courants de haute fréquence d'une puissance de 5 kW qui induit des courants de Foucault dans le creuset en graphite où se fait la réaction. La température est mesurée au moyen d'un pyromètre optique par visée d'un fond du creuset.

1° *Essais avec les chlorures.* — 14^g de Cl^2Ba fondu et pulvérisé sont mélangés à 10^g de C^2Ca, soit un pourcentage double environ de celui correspondant à la réaction. Après une chauffe de 2 heures à 1300° (les températures indiquées sont les températures lues sans corrections), nous obtenons environ 4^g de métal titrant 4 % de calcium (rendement approximatif 30 %).

Nous avons fait des essais analogues avec du Cl^2Sr. Ayant au départ 10^g de Cl^2Sr et 10^g de C^2Ca, nous obtenons un dépôt d'environ 3^g de métal titrant 5 à 6 % de calcium.

2° *Essais avec les fluorures.* — Opérant avec 20^g de F^2Ba, soigneusement

([2]) P. Rémy-Gennété, *Thèse*, Paris, 1933.

([3]) *Ann. Chim. Phys.*, (10), 8, 1907, p. 439.

desséchés à chaud et 10^g de C^2Ca (proportions sensiblement stœchiométriques), nous obtenons environ 7^g de métal titrant 6 à 7 % de calcium après une chauffe de 2 heures à 1400° (rendement 50 % environ). Dans les mêmes conditions, en faisant réagir 10^g de C^2Ca sur 20^g de F^2Sr sec, nous obtenons 6^g environ de strontium contenant 7 à 8 % de calcium.

En résumé il semble qu'il y ait avantage à préparer le baryum et le strontium à partir de leurs fluorures respectifs, sels beaucoup plus faciles à obtenir à l'état de pureté que les oxydes et moins volatils que les chlorures.

Le carbure de calcium s'est révélé, une fois de plus, comme un réducteur remarquable. Le chauffage par induction donne de bons résultats avec un appareil qui, dans son ensemble, est semblable à celui utilisé par A. Guntz et n'en diffère que par le mode de chauffage.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Une théorie quantique de l'hydrogénation des molécules aromatiques.* Note (1) de Mme **Alberte Pullman** et M. **Raymond Daudel.**

Nous avons supposé (2) qu'en général *les molécules s'additionnent sur les liaisons très chargées des composés organiques ou sur un ensemble de deux sommets chargés, alors que les atomes libres ne peuvent se fixer que sur les sommets actifs.*

Cette hypothèse permet de prévoir quel doit être le résultat de l'hydrogénation des molécules aromatiques, selon le réactif hydrogénant employé. Nous le montrerons ici dans deux cas : celui du benzène et celui du naphtalène.

1° L'hydrogénation du benzène par l'hydrogène moléculaire conduit au cyclohexane, sans qu'il soit possible d'arrêter l'hydrogénation à un stade moins avancé. Nous expliquons ce fait de la façon suivante. Le benzène possède six liaisons du type : o═o. L'hydrogénation ne pourra donc être réalisée que dans des conditions assez énergiques. La première molécule H^2 se fixera sur une quelconque des six liaisons et donnera le dihydrobenzène (1).

Possédant deux liaisons plus chargées que celles du benzène et se trouvant constitué dans un milieu capable d'hydrogéner le benzène, il est normal que ce corps ne puisse être isolé et soit complètement hydrogéné.

2° Étudions de la même façon le cas du naphtalène. Celui-ci possède quatre sommets actifs (les sommets α de charge 0,087 e) et quatre liaisons très chargées (les liaisons $\alpha\beta$) (3).

---

(1) Séance du 9 juillet 1945.

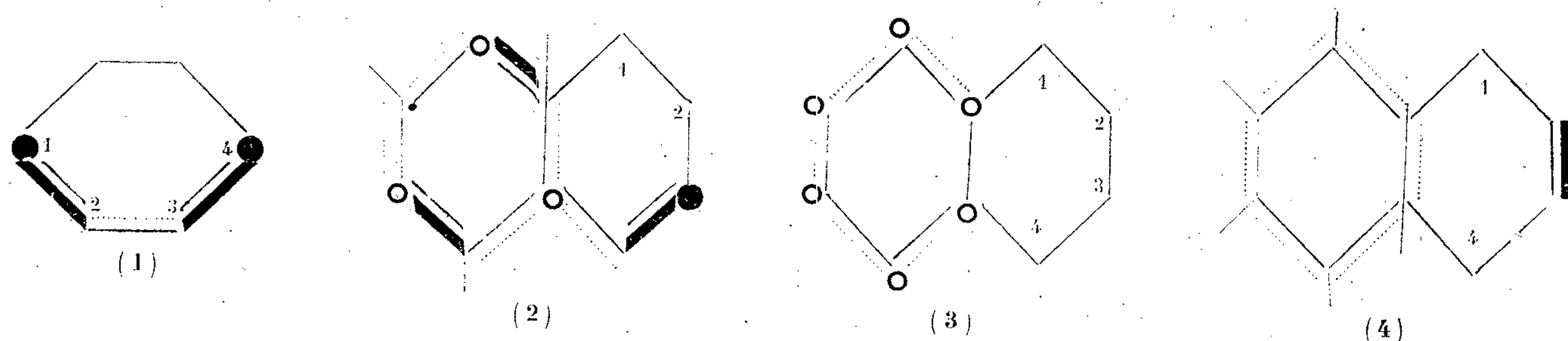
(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 201.

(3) R. Daudel et A. Pullman, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 888.

On peut donc imaginer deux modes d'action de l'*hydrogène moléculaire* sur le naphtalène.

a. La première molécule H^2 se fixe sur une des liaisons $\alpha\beta$. On obtient le 1.2-dihydronaphtalène (2).

Possédant une liaison plus chargée que les liaisons $\alpha\beta$ naphtaléniques,



(1) (2) (3) (4)

ce corps ne peut être isolé. Cette liaison doit, en effet, se saturer immédiatement en donnant le 1.2.3.4-tétrahydronaphtalène (3).

On obtient ainsi un corps moins hydrogénable que le naphtalène. On doit donc pouvoir s'arrêter à ce stade; on sait, en effet, qu'on prépare ainsi la tétraline. Une hydrogénation plus poussée donnera directement la décaline pour des raisons analogues à celles invoquées précédemment pour comprendre l'hydrogénation du benzène.

b. On peut aussi supposer que la première molécule H^2 se fixe sur l'ensemble de deux sommets actifs en 1.4. On obtient alors le 1.4-dihydronaphtalène qui se trouve posséder, lui aussi, une liaison plus hydrogénable que les liaisons naphtaléniques. Les conclusions pratiques sont donc ici les mêmes que précédemment. On ne peut donc pas choisir entre les deux hypothèses qui correspondent à deux processus possibles qui se réalisent peut-être concurremment.

Dans le cas de l'hydrogène naissant, on ne peut imaginer, par contre, qu'un seul processus. L'hydrogène atomique (alcool et sodium, etc.) se fixera, au contraire, aux sommets les plus chargés. Les deux premiers atomes se fixeront donc en 1.4 (les positions 1.8 et 1.5 étant, de toute évidence, instables). On obtiendra donc le 1.4-dihydronaphtalène (4) dont les sommets de charge 0,076 e sont moins chargés, donc moins hydrogénables que ceux du naphtalène; on pourra donc s'arrêter à ce stade. Remarquons que l'énergie de résonance du 1.4-dihydronaphtalène, évaluée par notre méthode du minimum ([4]), est de 1,76 eV, alors que celle du composé 1.2-hydrogéné est de 2,08 eV. On doit donc s'attendre à une isomérisation aisée du composé 1.4 dans le composé 1.2. C'est effectivement ce que l'on observe.

On voit qu'ici l'accord entre la théorie quantique et l'expérience paraît

([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 247.

complet, malgré la complexité des faits. Il est bien évident que dans chaque cas particulier il faudra, pour utiliser cette méthode, prendre les nombreuses précautions qui s'imposent toujours en chimie théorique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la synthèse du méthanal par oxydation ménagée du méthane par l'air à la pression atmosphérique. Destruction du méthanal et interprétation des caractères expérimentaux de la réaction globale.* Note de MM. **Marcel Patry** et **Pierre Monceaux**.

Deux réactions participent dans les conditions de nos essais à la destruction du formol :

1° la dissociation suivant $HCHO \rightarrow CO+H^2$;

2° l'oxydation suivant $HCHO+O^2 \rightarrow CO^2+H^2O$.

Nous avons étudié indépendamment ces deux réactions en utilisant successivement des mélanges air-méthanal et azote-méthanal, dont la concentration en méthanal, 0,1 à 0,2 %, était tout à fait du même ordre de grandeur que dans les réactions de synthèse étudiées dans une Note précédente [1].

Toutes choses égales d'ailleurs, nous avons tout d'abord constaté que la décomposition était à peine plus forte dans le cas des mélanges air-méthanal que dans celui des mélanges azote-méthanal. Par exemple, pour un temps de contact de $0^s,6$ à 700°, 77 % du formol sont décomposés en présence d'azote et 81 % en présence d'air. La destruction par oxydation est donc négligeable devant la décomposition thermique. Nous nous sommes limités, par suite, à étudier systématiquement ce dernier phénomène.

Le tableau ci-dessous représente quelques-uns des résultats obtenus avec un tube à réaction en quartz opaque, de 11^{mm} de diamètre intérieur et de 175^{cm^3} de volume utile, pour des températures de 575, 700 et 850°.

	575°.				700°.				850°.			
Temps de contact.	0″35	0″7	1″75	3″5	0″3	0″6	0″8	2″4	0″2	0″4	0″8	1″6
% de HCHO détruit	2,4	3	7	18,8	86	91	93,5	100	96	98,5	99	100

L'examen de ce tableau nous montre que, au-dessous de 600°, la réaction est très lente. A 700° au contraire, la réaction devient très rapide, puisque pour un temps de contact de 0,5 seconde, 90 % du formol se trouve décomposé.

Interprétation des résultats obtenus pour la réaction globale. — Les phénomènes de destruction du formol ne sont pas susceptibles, à eux seuls, d'expliquer les particularités des résultats que nous avons précédemment

(1) M. Patry et P. Monceaux, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 259.

indiqués [1]. Ceux-ci trouvent au contraire très facilement leur explication si l'on tient compte de la consommation d'oxygène résultant des réactions de combustion et de conversion.

Une étude cinétique complète, conduisant à une loi générale formelle de la réaction de formation de méthanal, est impossible, vu la complexité du phénomène global. D'après Audibert [2] l'ordre de la réaction de formation du méthanal par rapport à l'oxygène est positif et égal à 3/2, du moins dans le cas de réactions ayant lieu dans des tubes de diamètre suffisamment grand (supérieur à 15^{mm}).

Nous avons cherché de notre côté à déterminer l'ordre de cette réaction. La grosse difficulté réside dans le fait que pour un mélange donné les concentrations en méthane et oxygène varient simultanément et assez rapidement avec le temps.

Pour les mélanges réactionnels renfermant moins de 30 % de méthane, la consommation de ce dernier réactif est cependant toujours plus faible que celle d'oxygène. En la négligeant, on peut, d'une façon très grossièrement approchée, calculer l'ordre par rapport à l'oxygène. Nous avons calculé ainsi pour différentes concentrations initiales en oxygène l'ordre de la réaction pour chaque expérience considérée séparément. Le calcul a été fait par la méthode différentielle graphique de Letort [3].

Nous avons trouvé ainsi que l'ordre de la réaction par rapport à l'oxygène était toujours positif et compris entre 1 et 2. La vitesse de cette réaction est donc, aux températures supérieures à 600°, une fonction rapidement décroissante du temps de contact. Par contre, la décomposition thermique du formol est indépendante, comme nous l'avons montré, du taux d'oxygène présent dans le mélange. Les résultats obtenus résultent directement de ces considérations.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation directe du phénol par le cyclohexène à basse température en présence de fluorure de bore. Réarrangement des oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle.* Note de MM. **Henri Lefebvre** et **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. *Condensation cyclohexène et phénol à basse température.* — Nous avons étudié [1] l'alcoylation directe du phénol et des crésols par le cyclohexène en présence de BF^3. Tandis qu'avec les crésols nous avions formé, suivant la température de condensation, soit les oxydes mixtes, soit des cyclohexylcrésols, les divers essais effectués avec le phénol ordinaire n'avaient

---

(2) *Ann. Min. et Carb.*, 14e série, 2, 1943, p. 33.

(3) *Comptes rendus,* 197, 1933, p. 1042.

(1) *Comptes rendus,* 220, 1945, pp. 782 et 826.

jamais permis d'obtenir que des cyclohexylphénols; aucune formation d'oxyde de phényle et de cyclohexyle n'avait pu alors être mise en évidence. Cependant nous avons depuis préparé cet oxyde avec un bon rendement en réalisant la condensation vers 0°.

Mode opératoire. — A 94^g (une molécule) de phénol ayant dissous 6^g environ de BF^3, on ajoute 100^{cm^3} de benzène. Au mélange plongé dans un bain de glace et sel, et fortement agité, on ajoute lentement 41^g ($0^{mol},5$) de cyclohexène à une vitesse telle que la température reste comprise entre $-2°$ et $+2°$. Après introduction de tout le cyclohexène, on continue l'agitation pendant 40 minutes, puis on additionne d'eau glacée pour détruire le BF^3, et on laisse le mélange revenir à la température ordinaire. On sépare la solution benzénique et l'on chasse le solvant. Le résidu est traité par une solution de HOK à 20 % qui sépare l'éther-oxyde de l'excès de phénol et des monocyclohexylphénols formés. Les deux couches sont analysées suivant les méthodes générales.

En opérant comme il vient d'être indiqué, on obtient un rendement de 61 % en oxyde de phényle et de cyclohexyle (liquide incolore; $É_{15}$ 128-128°,5; d_4^{22} 0,999; n_D^{22} 1,520; R. M. calculée 53,46, trouvée 53,55), et un rendement de 14,3 % en monocyclohexylphénols renfermant 80 % d'isomère *ortho* et 20 % de *para*. De la partie insoluble dans HOK on a pu en outre isoler un oxyde de *cyclohexylphényle et de cyclohexyle* $C^6H^{11}—C^6H^4—O—C^6H^{11}$: liquide incolore, visqueux, non encore décrit; $É_{15}$ 206-210°; rendement 9,5 % (6^g dans l'opération décrite plus haut). La condensation directe du phénol et du cyclohexène à basse température constitue donc *une méthode pratique de préparation de l'oxyde* $C^6H^5—O—C^6H^{11}$. Celui-ci n'avait pu être obtenu antérieurement que par des procédés plus compliqués, par exemple en faisant agir l'iodobenzène sur le dérivé potassé du cyclohexanol [2] (rendement 65 %).

II. *Réarrangement des oxydes d'aryle et de cyclohexyle.* — Depuis que Claisen a montré que les éthers allyliques des phénols s'isomérisent par chauffage en C-allylphénols, un certain nombre de travaux ont été consacrés au réarrangement de certains éthers-oxydes phénoliques en phénols alcoylés, soit par simple action de la chaleur, soit en présence de divers catalyseurs. Parmi les oxydes d'aryle et de cyclohexyle, seul $C^6H^5—O—C^6H^{11}$ a été étudié de ce point de vue. Skraup et Beifuss [2] opéraient son réarrangement par surchauffage, et N. I. Kurssanow [3] en présence de ClH. Nous avons étudié le réarrangement par BF^3 de ce même oxyde et de deux de ses homologues en opérant selon deux modes différents.

Première méthode. — Dans 25^g d'éther-oxyde pris à la température ordinaire, on fait arriver un courant de BF^3 que l'on interrompt après une élévation de température d'une quinzaine de degrés (la quantité de BF^3 absorbée est de l'ordre du gramme). On agite; la

---

[2] S. SKRAUP et W. BEIFUSS, *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 1070.
[3] *J. Soc. Physico-chim. russe*, 48, 1916, p. 1172.

température monte graduellement jusque vers 50°, et tout à coup une réaction très vive se déclenche, la masse bouillonne en abandonnant le BF^3 dissous, et la température monte en flèche jusque vers 125°, puis redescend. Après complet refroidissement on traite le mélange rougeâtre et visqueux obtenu par 150^{cm^3} de NaOH à 10 % qui dissout les monocyclohexylphénols et laisse une couche insoluble de polycyclohexylphénols. On ne retrouve plus d'éther non réarrangé.

Résultats. — *a.* Oxyde de phényle et cyclohexyle : du produit du réarrangement de 25^g d'oxyde nous avons pu isoler $3^g,5$ de phénol, $8^g,6$ de monocyclohexylphénols (rendement par rapport à l'éther initial : 34,5 %) renfermant 18,5 % de *p*-cyclohexylphénol et 81,5 % d'*ortho*, et $6^g,2$ de dicyclohexylphénol. Il se forme également un peu de produits de condensation supérieure.

b. Oxyde d'*ortho*-crésyle et de cyclohexyle : 25^g donnèrent $2^g,7$ d'*ortho*-crésol et $6^g,5$ de monocyclohexyl-*o*-crésols (rendement 26 %). Des produits supérieurs formés, on a pu isoler $5^g,8$ d'un *dicyclohexyl-o-crésol* (probablement dicyclohexyl-4.6-méthyl-2 phénol) non encore décrit : liquide incolore, très visqueux, jaunissant rapidement à l'air; $É_{17}$ 230,5-234°,5 (corrigé).

c. Oxyde de *para*-crésyle et de cyclohexyle : 25^g donnèrent $3^g,4$ de *para*-crésol, $4^g,7$ de monocyclohexyl-*p*-crésol (rendement 18,8 %), et des produits supérieurs.

Deuxième méthode. — On opère comme précédemment, mais dès l'addition de BF^3 terminée, on refroidit le ballon sous un courant d'eau afin de ramener rapidement le mélange au voisinage de la température ordinaire; on abandonne ensuite le ballon dans l'eau froide pendant une demi-journée. De cette façon on évite la réaction violente qui, comme nous l'avons vu plus haut, se serait déclenchée si l'on avait laissé la température atteindre 50° environ. Finalement, on traite le mélange obtenu comme dans la première méthode.

Résultats. — Bien que les conditions soient beaucoup moins sévères ici que dans le premier mode opératoire, il se produit les mêmes réarrangements; en particulier, on observe encore la formation de phénol ou de crésol libre et de produits polycyclohexylés; les rendements en monocyclohexylphénols ou crésols sont sensiblement identiques.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de la Craie blanche, en place, dans l'Aber de Roscoff (Finistère).* Note de M. **Jacques Bourcart**.

Dès 1881 Lebesconte [1] avait observé la grande fréquence de galets de silex sur les hautes grèves des départements de la Manche et des Côtes-du-Nord; G. Pruvôt [2] en avait retrouvé en abondance sur le littoral du

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **10**, 1881, p. 66.
(2) *Arch. de zool. exp. et gén.*, 3e série, **5**, 1897, p. 511.

Finistère, à Roscoff. La récolte, par dragages, par diverses expéditions océanographiques et tout particulièrement par le *Pourquoi-Pas ?* de véritables blocs de silex non roulés, parfois même de craie, avait conduit Paul Lemoine et René Abrard ([3]) et surtout Louis Dangeard ([4]) à admettre que la Manche existait déjà au Crétacé et qu'elle n'était pas une « mer très récente, formée sur l'emplacement d'une ancienne vallée creusée à l'air libre ou d'une dépression tectonique et ayant séparé plus ou moins brusquement deux domaines semblables » ([5]).

Malgré l'abondance et la dimension des échantillons ainsi recueillis, soit sur le littoral, soit en mer, ceux-ci ne pouvaient être invoqués que comme une *présomption* en faveur de cette théorie. Une circonstance tout à fait favorable, l'ablation presque totale par la mer, cette année, du mince placage de sables marins de l'Aber de Roscoff, m'a permis d'apporter la *preuve* de l'existence *en place* de la craie blanche sur la côte cristalline bretonne.

L'Aber (le mot signifie *baie profondément enfoncée dans la côte*) débute immédiatement à l'Est de la presqu'île de Roscoff et s'étend jusqu'aux rochers granitiques de Per Haridy, rattaché à la côte, à Santec, par une unique chaîne de dunes fixées. Le prolongement vers l'Ouest de l'Aber, dont il est séparé par une petite digue, est le Marais de Santec. A l'extrémité du Nord de cette digue, à la limite même de la haute-plage et de l'estran, affleurent 3^{m^2} de craie blanche, arrasée au niveau de la plage, et contenant, soit de gros rognons, soit des plaquettes épaisses, de silex noir. Des sondages au pic permettent, sous le sable marin, les limons submergés ou l'argile bleue quaternaire de l'Aber, de prolonger la surface d'affleurement vers le Nord, presque jusqu'au granite de Per Haridy. Au contraire, vers le Sud, la craie plonge brusquement et est recouverte par 50^{cm} environ d'un gravier uniquement fait de fragments quadrangulaires de 3 à 4^{cm} de côté, de silex fortement patinés de brun. Cette formation, qui repose sur un sable très argileux, reproduit tous les caractères de l'*argile à silex* du Cotentin.

La répartition des galets, éclats et blocs de silex dans la région roscovite, peut nous permettre de restituer l'extension du gisement.

Des galets arrondis et des blocs cariés, de la dimension de deux poings au maximum, se rencontrent sur la haute grève depuis la Pointe de Bloscon, à l'Est, jusqu'aux environs de Santec à l'Ouest. En 1941, j'avais recueilli, plus au large, de l'îlot de Ti Saozon jusqu'à l'écueil du Loup, des plus gros silex, analogues à ceux trouvés aujourd'hui en place, ou même des

---

([3]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 22, 1922, pp. 3-10.
([4]) *Thèse*, Paris, 1929, pp. 1-295.
([5]) *Op. cit.*, p. 56.

blocs de craie. Le Crétacé occuperait donc l'Aber — et probablement tout le Marais de Santec — et le chenal entre l'Ile de Bas et le continent. Les dragages avaient déjà montré qu'il existait au large de cette île.

La mer crétacée aurait donc occupé non seulement l'emplacement de la Manche occidentale actuelle, *mais les parties basses de la côte actuelle* : baies, chenaux etc. Les très nombreux écueils ou rochers cristallins de ce littoral le domineraient ou en émergeraient. Louis Dangeard tirait des travaux de Ferronnière ([6]) sur le Morbraz et des siens propres dans l'estuaire du Blavet et dans le golfe normanno-breton, des conclusions analogues pour la mer éocène : « les contours de la mer lutétienne, tels qu'ils résultent de nos dragages, rappellent beaucoup ceux de la mer actuelle dans la région qui entoure la Bretagne » ([7]).

On peut encore faire deux autres remarques : 1° la craie est rigoureusement identique au large, ou au contact avec le Cristallin de la côte; c'est un sédiment purement pélagique. Il n'est donc pas impossible, que, comme pour le Cotentin, la transgression crétacée ait recouvert une partie de la Bretagne. Des recherches dans les sédiments meubles du continent s'imposent.

2° L'existence *en place* d'un véritable *argile à silex* permet d'interpréter facilement les zones de *silex éclatés* qui sur la Carte XV de Dangeard ([7]), entourent les stations où de la craie a été draguée. Ces silex ne seraient pas quaternaires, mais appartiendraient à une *argile à silex* datant probablement du Tertiaire inférieur.

BOTANIQUE. — *Sur la présence au Cameroun d'un genre Sud-africain de* Pedaliaceæ. Note ([1]) de M. **Henri Jacques-Félix**, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'étude d'un important herbier rassemblé par nous au Cameroun en 1939 devait combler quelques lacunes de nos connaissances sur la flore et la végétation de ce territoire. Cette étude n'est encore pas entreprise, mais des observations faites sur place nous permettent aujourd'hui de signaler quelques faits intéressants.

Comme l'on pouvait s'y attendre, la flore des hautes montagnes de la région de Dschang (Massif des Bambutos) s'identifie complètement avec celle du Mont Cameroun. Ces montagnes font en effet partie du même système et jouissent sensiblement du même climat. Elles n'atteignent cependant pas la même altitude (2600^m environ contre 4070^m); et c'est

([6]) *Bull. Soc. Géol. et Minér. de Bretagne*, II, fasc. sp., 1921, p. 182.
([7]) *Op. cit.*, p. 182.

([1]) Séance du 16 juillet 1945.

probablement à cette particularité qu'est due l'absence dans nos récoltes de certains éléments floristiques du Mont Cameroun, tel le *Plantago palmata*, unique représentant des *Plantaginaceæ* de ce Massif. Par contre nous avons pu reconnaître en cette région la présence d'un *Podocarpus*, qui s'identifie non pas avec l'espèce insulaire de San Thomé, *P. Mannii*, mais avec une espèce répandue sur les hautes montagnes de l'Est africain, *P. milanjianus* (2). Si cette découverte est intéressante pour la connaissance de la répartition, déjà remarquable, des espèces de ce genre, elle n'ajoute guère à la connaissance, que nous avions déjà, de la communauté d'origine de nombreuses orophytes des différentes montagnes d'Afrique tropicale.

Le vaste plateau de l'Adamaoua paraissait *a priori* plus mystérieux. Jamais encore prospecté, s'étalant d'Ouest en Est sur toute la largeur du Cameroun, d'une altitude moyenne de 1 millier de mètres, subissant un climat nettement plus sec, on ne savait trop quelles surprises il réservait. En fait il est physionomiquement d'une grande vulgarité. On peut le décrire comme couvert d'une forêt clairiérée à *Lophira alata* et *Daniellia Oliveri* dont l'ombre légère permet de beaux pâturages parcourus par les troupeaux des Foulbés Bororos. Ceci dit pour l'allure générale, car il est bien certain que des éléments ne jouant aucun rôle dans le paysage pourront révéler leur intérêt au dépouillement du matériel. Parfois le relief se relève insensiblement jusqu'à dépasser 1500^m, ou encore quelques monts bien individualisés surgissent du plateau et alors réapparaissent quelques-unes des orophytes des montagnes de Dschang.

Les différentes *Pedaliaceæ* déjà connues de l'Ouest africain se rapportaient à trois genres d'une même tribu, caractérisée par un ovaire à nombreux ovules. En Afrique du Sud les genres sont plus variés, bien que comptant chacun peu d'espèces. On y trouve entre autres le genre *Linariopsis*, considéré comme monospécifique et caractérisé par deux loges ovariennes à un seul ovule. Une plante récoltée par nous dans l'Adamaoua s'y rapporte, bien qu'elle reste différente de l'espèce *L. prostata* Welw (3). Celle-ci, connue seulement de l'Angola, croît dans les prairies d'une altitude moyenne de 1500^m de la région d'Huilla. Notre espèce *L. Chevalieri* (4) a été récoltée dans la région de Ngaou-Ndéré vers 1200^m où elle abonde parmi les graminées. Bien que le genre doive être tenu ici pour paléoendémique,

(2) A. Chevalier et H. Jacques-Félix, *Rev. bot. appl. et d'Agr. trop.*, 19, 1939, p. 411.

(3) *Flora of Tropical Africa*, 4^2, p. 566.

(4) Herbe vivace par la souche; plusieurs tiges dressées, s'élevant jusqu'à 40^{cm}; feuilles plus ou moins alternes vers la base, puis opposées; fleurs axillaires, subsessiles, solitaires; ovaire à 2 loges, 1 ovule par loge; fruit à 1 ou 2 graines développées, indéhiscent; pilosité générale.

Diffère de *L. prostata* par son port érigé, toutes ses parties considérablement plus développées, ses bractées filiformes, ses lobes du calice plus étroitement linéaires.

l'espèce pousse avec vigueur dans une formation vulnérable et néglige les stations mieux protégées. Son abondance est suffisante pour qu'elle ait reçu un nom des indigènes et des foulbés envahisseurs (5).

Cet élément de moyenne altitude n'est pas le seul de l'Afrique occidentale qui ait une origine Sud-africaine (6). Les *Proteaceæ* nous ont fourni les genres *Protea* et *Faurea*, pour donner l'exemple le plus caractéristique. Aussi l'intérêt de signaler la présence d'un *Linariopsis* sur les hauts plateaux du Cameroun est-il autant de faire connaître un élément floristique nouveau pour le territoire que d'ajouter une nouvelle unité à une liaison peu considérable, mais déjà connue.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un alcaloïde des Quinquinas n'appartenant pas au type quinolyl-quinuclidique.* Note (1) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En mettant en évidence la nature indolique de la cinchonamine, nous avons démontré le premier que le type d'alcaloïde considéré dans la famille des Rubiacées comme particulier aux Cinchonées d'Afrique existe aussi dans une Cinchonée américaine, mais nous n'avions pas réussi jusqu'ici à la trouver dans un véritable *Cinchona*. L'étude que nous avons pu faire de l'aricine que Pelletier et Coriol (2) ont extraite en 1829 du quinquina jaune de Cùzco qu'on sait être le *Cinchona Pelletieriana* Weddell ou *Cinchona pubescens* Vahl, s. sp. *Pelletieriana* Weddell, nous a appris que cette base, quoique chimiquement bien différente de la cinchonamine, appartient comme celle-ci au type indolique et non point, comme les alcaloïdes classiques des *Cinchona*, au type quinolyl-quinuclidique.

De la nature indolique de l'aricine nous trouvons les preuves, d'une part dans quelques-unes de ses réactions colorées, d'autre part dans certains de ses produits de dégradation par la chaux sodée, enfin dans son spectre d'absorption dans l'ultraviolet.

Avec le réactif d'Ehrlich (acide chlorhydrique et *p*-diméthylamino-benzaldéhyde) et l'aricine, on obtient une coloration bleu violet (3) qui, après addition d'une goutte de soluté aqueux à 0,5 % de nitrite de sodium, se décolore et passe à l'orangé lavé et un peu rabattu.

Une solution de vanilline à 0,5 % dans l'alcool méthylique à 99,9, dans laquelle on a dissous de l'aricine puis ajouté de l'acide chlorhydrique,

---

(5) *Gouboudo silal* (foulbé), *anmbwéwé* (boum).

(6) A. Chevalier, *Mém. Soc. Biogéographie*, 1928.

(1) Séance du 30 juillet 1945.

(2) *Journ. de Pharm. et des Sc. access.*, 15, 1829, p. 565.

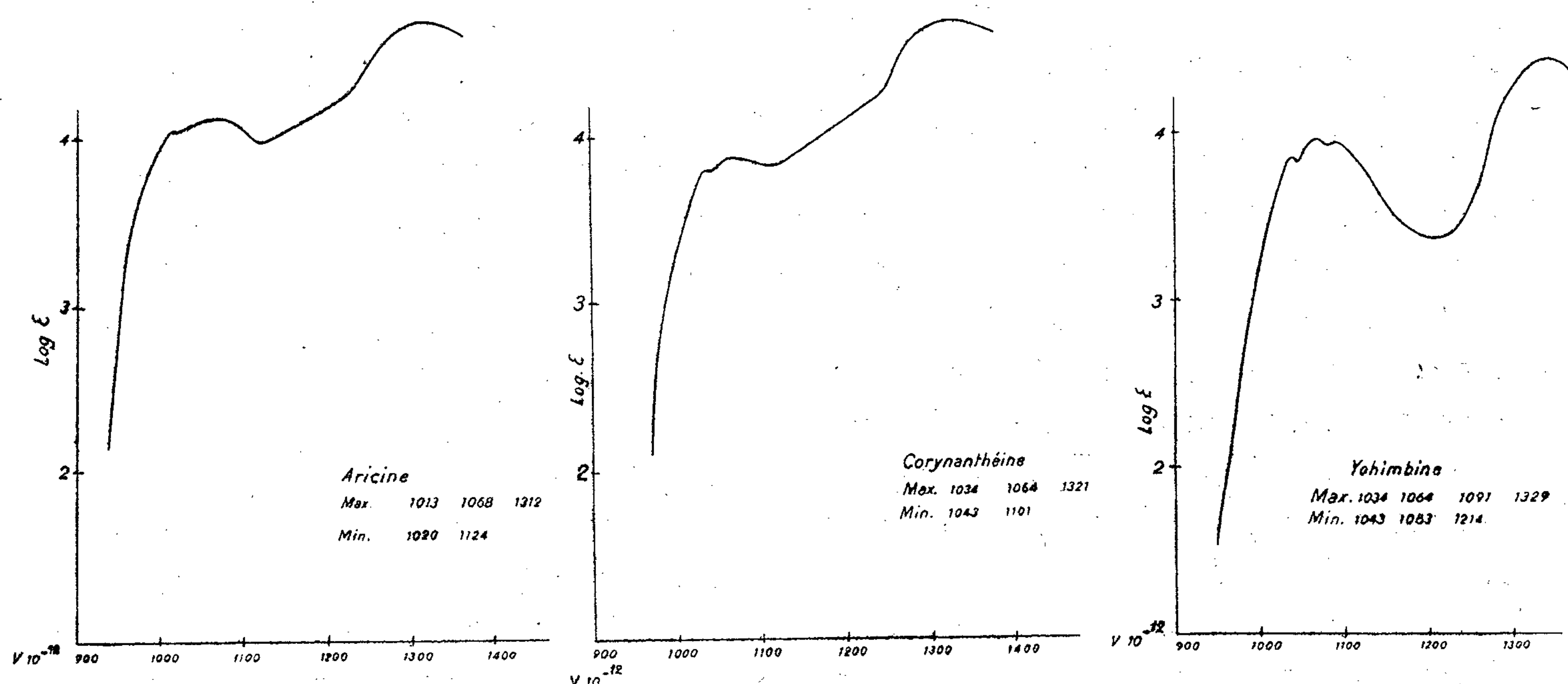
(3) Les colorations sont rapportées aux types du *Répertoire chromatique* de C. Lacouture, Paris, 1890.

reste tout à fait incolore, même après un chauffage prolongé au bain-marie, mais l'addition d'une goutte du soluté de nitrite de sodium le fait passer aussitôt à un bleu qui s'intensifie progressivement et reste stable pendant au moins 24 heures.

Avec l'aricine dissoute dans une solution à 0,5 % de pipéronal dans le méthanol à 99,9 puis additionné d'acide chlorhydrique, la coloration qui reste faible même après un chauffage de 10 minutes, est d'un bleu violet passant, après addition d'une goutte du soluté de nitrite de sodium, à un bleu type magnifique qui, après s'être intensifié peu à peu, est encore tel après 24 heures.

Quand on distille l'aricine en présence de chaux sodée et de poudre de zinc, on obtient, sur la partie froide du tube, des gouttelettes jaunâtres qui, extraites par le méthanol, donnent les réactions colorées de l'indol et de ses dérivés non substitués en β, c'est-à-dire communiquent à froid une teinte intermédiaire entre le rouge et le rouge violet au copeau de sapin trempé dans l'acide chlorhydrique, une coloration intermédiaire entre le rouge et le rouge violet au réactif d'Ehrlich, enfin une couleur intermédiaire entre le rouge et le rouge orangé à l'acide chlorhydrique vanilliné.

Quant au spectre d'absorption dans l'ultraviolet de l'aricine en solution



éthanolique, la figure ci-dessus montre qu'il se rapproche beaucoup plus de celui de la corynanthéine, alcaloïde carbolinique diméthoxylé, que de la yohimbine, base carbolinique monométhoxylée.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur l'écologie du* Rhizobium leguminosarum (Bact. radicicola). Note de MM. **Albert Demolon** et **Antoine Dunez**, présentée par M. Auguste Chevalier.

La fixation symbiotique de l'azote gazeux par les légumineuses pose à l'agronome un problème dont on s'est insuffisamment préoccupé, celui du degré d'activité de la symbiose dans les conditions naturelles.

Le *B. radicicola* a généralement été extrait des nodosités; il importe de l'étudier dans le sol lui-même. En l'absence d'un milieu de culture suffisamment électif et de réactions spécifiques, les cultures ont souvent conduit à des résultats incertains. Wilson [1] a eu recours à la constatation du pouvoir inoculant d'une dilution de sol. Cette méthode permet de déceler la présence ou l'absence du germe dans la quantité de terre utilisée; mais elle ne fournit pas un tableau fidèle de la population telle qu'elle se présente dans le sol.

Mettant à profit la mobilité du *B. radicicola*, nous avons pu réduire considérablement le nombre des colonies obtenues à partir du sol lui-même. La terre à 15 % d'humidité, placée dans un petit cristallisoir, est recouverte d'une couche de sable siliceux fin stérile sur une épaisseur de 2^{cm}. Ce sable est imprégné d'une solution de phosphate monopotassique additionnée d'extrait de racines et amené à pH 6,0; l'humidité finale obtenue est d'environ 12 %, sans pénétration de la solution dans la terre. On laisse à l'étuve à 22° pendant 4 jours. A ce moment on prélève en surface une quantité déterminée de sable avec lequel on effectue les dilutions destinées à l'ensemencement de fioles de Roux de 1 litre renfermant le milieu de culture gélosé dont nous avons indiqué ailleurs la formule et qu'on ajuste à pH 6,0.

Les colonies de *B. radicicola* obtenues après 3 jours à 22° sont blanches, à bords nets; elles se distinguent facilement de celles des autres germes, mobiles, dont on peut constater la présence (*B. megatherium*, *B. subtilis*, *B. fluorescens liquefaciens*; *Radiobacter*; *Azotobacter agilis*). Un nouvel examen effectué après 8-10 jours fournit en outre d'utiles indications. Il est indispensable d'effectuer simultanément une culture en milieu liquide. Nous y avons joint les épreuves suivantes :

1° décoloration du bleu de méthylène à 1 pour 10^6 (production de déshydrogénase);

2° résistance au bactériophage;

3° pouvoir inoculant (graines désinfectées placées en milieu sableux stérile additionné d'une solution nutritive sans azote);

4° pouvoir fixateur (azote dans 100 plantes à floraison).

---

(1) *Soil. Science*, **2**, 1930, p. 289.

Ces divers caractères permettent de différencier au point de vue physiologique les souches isolées; ils nous ont conduit à constater leur diversité. Les plus actives sont celles qui décolorent rapidement le bleu de méthylène et qui manifestent une lyso-résistance élevée. D'autres ne décolorent le bleu que très lentement et présentent des caractères de dégénérescence marquée : colonies glaireuses ayant tendance à couler, bactéroïdes granuleux par coloration au violet de gentiane, et disparition des cultures après quelques repiquages avec apparition de plages phagiques. De telles souches fournissent en général de petites nodosités avec pouvoir fixateur réduit : certaines même, dont la multiplication s'avère impossible, n'inoculent pas la plante. Déjà Thornton (²) a démontré l'existence de races *non effectives* donnant lieu à une formation abondante de petites nodosités réparties sur l'ensemble des radicelles. A cette catégorie appartiennent la majorité des individus qu'on rencontre dans les sols où s'observe la fatigue. Le tableau ci-après en fournit quelques exemples :

Distribution du B. radicicola *dans quelques sols.*

Origine.	Lyso-résistance.	Temps (*c*) (heures).	Densité de la population.	Examen des frottis de nodosités.	Pouvoir fixateur.
Terre de limon					
1re année (*a*)........	10^{-7}	3	élevée	bactéroïdes sains	élevé
1re » (*b*)........	10^{-5}	8	»	»	moyen
2e » »	10^{-4}	14	moyenne	légèr. granuleux	faible
3e » »	10^{-3}	24	faible	fort. granuleux	très faible
Terre de Sologne......	»	»	nulle	»	»
Limon vallée d'Auge...	»	»	nulle	»	»

(*a*) luzerne avec inoculation ; (*b*) luzerne sans inoculation; (*c*) décoloration du bleu de méthylène.

En résumé, la population des sols manifeste une grande variabilité non seulement quant à la densité de *B. radicicola*, mais aussi et surtout en ce qui concerne les propriétés physiologiques des individus à l'intérieur d'un même groupe. Cette hétérogénéité, déjà signalée par Walker et Brown (³) dans l'épreuve de fermentation des glucides, a été caractérisée par nous dans ses rapports avec l'activité fixatrice de l'azote; elle est le résultat d'une tendance marquée à la dégénérescence.

Nos constatations apportent de nouveaux arguments à l'appui de la thèse que nous avons soutenue sur la relation entre la fatigue des sols cultivés en légumineuses et la symbiose bactérienne.

Enfin les faits mis en évidence expliquent que, dans certaines expériences, l'arrière-effet dû à l'enrichissement du milieu en azote par la culture des légumineuses n'ait pas été constaté. Il est évident que ce résultat implique

(²) *Third Intern. Cong. Soil. Sc.*, Oxford, **2**, 1935, p. 81; *Proc. Roy. Soc. London*, **129**, 1940, p. 208.

(³) *Soil. Sc.*, **29**, 1930, p. 219.

un fonctionnement actif de la symbiose, ce qui souvent n'est pas réalisé en pratique; d'où l'utilité de l'inoculation des semences au moyen de souches de haute efficacité présentant les caractères indiqués ci-dessus.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Nouvelle extension de la spartine de Townsend dans la baie du Mont-Saint-Michel.* Note de M. **Jean Jacquet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans une Communication [1] qui synthétisait la progression rapide du *Spartina Townsendi* le long de la côte occidentale du Cotentin, j'ai dégagé le rôle du courant littoral de flot dans sa dispersion du Sud au Nord, à partir de la grande spartinaie qui s'étend du Bec d'Andaine au Grouin du Sud. Depuis cette date de nouvelles implantations se sont produites, intéressant la partie Sud de la Baie, et témoignant pour la plupart encore d'un apport maritime.

Dans la Sée la graminée, déjà reconnue en 1943 [1], s'est multipliée activement, remontant la rive jusqu'au niveau de Vains, à 3^{km} d'Avranches, si bien que des pousses nombreuses et toutes issues de graines, pour les plus récentes, s'élèvent en cette région. Dans la partie Est de l'anse de Gisort, la spartine a colonisé divers îlots isolés du schorre, en s'introduisant par les marigots. Sur la *haute slikke* qui unit l'un d'eux au rivage, les touffes, espacées autrefois, ont considérablement proliféré et grossi au point de se toucher presque actuellement. Elles ont, en outre, permis l'installation ultérieure d'autres halophytes : *Atropis maritima*, *Suaeda maritima* et quelques *Salicornia herbacea*. Tout ce secteur, en voie d'exhaussement, a pu, grâce à cette végétation serrée, résister aux courants de la dernière grande marée de vive eau, qui ont creusé la région voisine dénudée, créant une dénivellation de $1^m,5$ à 2^m, et conférant à la partie colonisée, extrêmement molle naguère, l'aspect d'un schorre à peu près définitivement fixé, à tangue déjà consolidée et où la dessiccation provoque des crevasses assemblées en polygones.

Le long de la côte Ouest de la Sélune, la spartine s'est fixée en avant de chacun des schorres abrités qui se succèdent sur cette côte, dessinant des lignes de végétation uniques ou parallèles. Certaines sont constituées uniquement par des plants partiellement desséchés mais encore vivants, arrachés avec leurs rhizomes, rejetés à la côte et qui prennent à nouveau pied au milieu d'une laisse de haute mer. Sur le schorre lui-même la situation est peu changée; si ce n'est l'envahissement total de la plupart des marigots dont le *Spartina* forme la seule végétation. A la pointe de Roche Torin quelques pieds se sont établis sur les phyllades abrasées qui prolongent ce promontoire au niveau de la tanguaie et, en amont du pont-écluse, dans le petit ruisseau qui aboutit en ce point.

---

[1] J. Jacquet, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 207-209.

Mais la station la plus importante, surtout pour ses conséquences lointaines, est située plus à l'Ouest, entre la dernière partie (1^{km} environ) de la digue submersible inachevée, la limite avancée des herbus et le Mont-Saint-Michel. Il s'agit là d'une grande surface de tangue, plus ou moins recouverte de sable éolien et actuellement parsemée d'une multitude de petits pieds de *Spartina* dus à des germinations. Des touffes plus importantes, mais broutées par les moutons jusqu'à la base, indiquent une installation plus ancienne (1944). Le pré-salé lui-même est très peu infiltré : à peine quelques individus près de sa bordure.

Mais la graminée se propage avec la même fréquence soutenue jusqu'au Mont où l'on peut distinguer des touffes particulièrement prospères, sur les talus de chaque côté de la digue, dans le ruisseau qui suit le côté droit, aux pieds des murailles et de la tour de l'Arcade; 1 à 2 touffes de *S. Townsendi* avaient bien été déjà signalées : dès 1930 (²) [elles y étaient restées stationnaires, avaient même régressé (³), puis disparu (⁴)] et à nouveau en 1935-1937 (⁴). Mais aucune ne s'est maintenue : en 1943, il m'a été impossible de trouver trace de la plante ni au Mont ni sur toute l'étendue qui rejoint la Roche-Torin. Il s'agit donc actuellement de l'invasion de beaucoup la plus considérable qui ait jamais été observée en cette région et, malgré le retard qui sera provoqué par le pacage des moutons, il est probable qu'une spartinaie d'au moins 500^{ha} réunira bientôt le Mont à la digue de Roche-Torin. Tout en changeant l'aspect du paysage, la graminée aidera puissamment, comme partout ailleurs, à l'élévation du sol. D'abord, par une série d'actions directes : aux immersions, la plante se recouvrant d'un véritable enduit de tangue qui retombe plus tard sur le sol; le lacis formé par les chaumes et les rejets très resserrés de chaque touffe, ainsi que les débris tombés, bloquent la tangue en suspension ou en train de se décanter, si bien que, dans les stations où les touffes ne sont pas trop proches, on peut voir une série d'éperons triangulaires, à base butée contre chaque touffe, s'allonger progressivement jusqu'à 1^{m}, $1^{m},5$; de même, le sable charrié par le vent vient former des dépôts similaires, tous allongés dans le même sens. Il faut enfin tenir compte de l'action indirecte produite par les racines fixantes de *S. Townsendi* qui s'enfoncent très profondément, par les rhizomes s'irradiant en tous sens, par les multiples racines absorbantes superficielles, qui apportent tous à la tangue, matériau déjà rigide par lui-même, un réseau interne de cohésion qui lui permet de mieux résister à l'érosion.

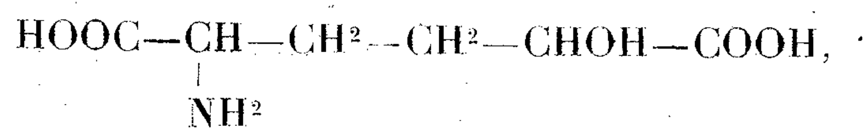
(²) R. Potier de la Varde, *Bull. Soc. Linn. Norm.*, 8ᵉ série, 6, 1933, p. 71.
(³) P. Frémy, *Not. Mém. Doc. Soc. Arch. et Hist. Nat. Manche*, 49, 1936, pp. 241-242.
(⁴) R. Meslin, *Bull. Soc. Linn. Norm.*, 9ᵉ série, 2, 1941, pp. 153-156.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence d'un acide aminohydroxyadipique dans les vibrions cholériques.* Note ([1]) de Mme **Judith Blass** et M. **Michel Machebœuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré ([2]) l'existence, dans les vibrions cholériques, d'un acide aminoadipique qui se rencontrait dans l'extrait alcoolométhylique lorsque les vibrions étaient soumis à l'épuisement fractionné par la méthode de Machebœuf, Dieryck et Stoop ([3]).

L'extrait acétonique est également très riche en aminoacides. Cet extrait, desséché, est épuisé par l'éther et le benzène pour enlever des lipides. On reprend le résidu par de l'eau en éliminant par filtration quelques substances insolubles. La solution est évaporée, son résidu est repris par très peu d'eau. On ajoute de l'alcool absolu jusqu'à ce que le titre alcoolique dépasse 90°, puis on ajoute un large excès d'éther. Il apparaît un abondant précipité qui contient la substance qui nous intéresse, tandis que le liquide alcooloéthéré conserve d'autres substances. On purifie une deuxième fois le précipité par les mêmes opérations, puis on le dissout dans de l'eau. La solution est additionnée d'acide phosphotungstique, qui précipite le tiers seulement de l'azote. La solution, débarrassée du précipité, est traitée par la baryte pour enlever l'acide phosphotungstique, puis on élimine le léger excès de baryte par CO^2 dans des conditions convenables.

La solution, filtrée, évaporée, laisse un résidu microcristallin qui, après purification, conduit par analyse élémentaire à la formule brute $C^6H^{10}O^5NNa$. L'azote est à l'état d'amine primaire. La substance donne toutes les réactions générales des aminoacides. La solution aqueuse donne un précipité par l'acétate de mercure et le nitrate d'argent, mais ne précipite pas par l'iode-ioduré, ni par l'acide picrique, ni par le sulfate de mercure en milieu acide, ni par l'acétate de plomb (ce dernier réactif différencie la présente substance de l'acide aminoadipique étudié dans la précédente Note). On note facilement la présence d'une fonction acide libre et d'une autre saturée par le sodium. Ceci rend compte de la présence de quatre oxygènes dans la formule, mais il y en a cinq. Ce cinquième oxygène appartient à une fonction alcool, comme nous l'a démontré un essai d'acétylation qui fixa un radical acétyle par molécule. La formule doit être du type



([1]) Séance du 6 août 1945.
([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 189.
([3]) *Annales de l'Institut Pasteur*, 54, 1935, pp. 71 à 86.

dans laquelle, faute de quantités suffisantes de matière première (difficultés actuelles de culture de vibrions en grandes masses), nous n'avons pas pu préciser les positions exactes de NH^2 et de CHOH. Mais notre travail suffit à démontrer l'existence d'un acide hydroxyaminoadipique. Or nous avions déjà montré l'existence dans les vibrions d'un acide aminoadipique. A titre d'indication notre rendement en acide hydroxyaminoadipique purifié fut de 1 % des vibrions secs. L'ensemble des monoaminodiacides en C^6 que nous avons pu isoler des vibrions (acide aminoadipique + acide hydroxyaminoadipique) représente donc 2,5 % de la matière sèche des vibrions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action synthétisante de l'émulsine des amandes douces* in vitro *et sur son activateur naturel.* Note (¹) de MM. **Nguyen-van Thoai**, **Jean Roche** et Mlle **Éliane Danzas**, présentée par M. Maurice Javillier.

Bien que la réversibilité de nombreuses actions enzymatiques *in vitro* ne puisse être contestée, l'existence d'enzymes spécifiquement hydrolysants ou synthétisants est encore admise par divers auteurs, dont l'opinion repose sur l'inaptitude de certaines hydrolases purifiées à réaliser la synthèse des substrats qu'elles dédoublent. Or nous avons antérieurement établi que la phosphorylation enzymatique des alcools est accélérée par un activateur, peu efficace sur l'hydrolyse des esters phosphoriques et présent dans les tissus riches en phosphatases (rein, intestin, foie, graines diverses) (²). Il nous a paru probable que des effecteurs du même type catalysent d'autres biosynthèses et que leur absence ou leur présence dans les préparations détermine l'apparente spécificité d'enzymes réputé hydrolysants ou synthétisants.

L'émulsine des amandes douces méritait d'être étudiée à cet égard, car elle dédouble de nombreux β-glucosides beaucoup plus rapidement qu'elle ne leur donne naissance (Bourquelot, Hérissey, Bridel) (³). Nous avons pensé qu'il en est ainsi parce qu'un activateur naturel de la synthèse de ces corps est, comme celui des phosphatases, altéré au cours de l'autolyse que comporte en général la préparation de l'émulsine, et nous avons entrepris des recherches pour contrôler la validité de cette hypothèse.

Nous avons tout d'abord étudié la cinétique de la synthèse du β-méthylglucoside par diverses préparations d'émulsine, obtenues dans des conditions où l'autolyse de la pulpe d'amandes douces est plus ou moins grande, afin de relier à ce processus la destruction éventuelle d'un activateur.

(¹) Séance du 6 août 1945.

(²) *Bull. Soc. Chim. biol.* (*Trav.*), **26**, 1944 p. 1138.

(³) E. Bourquelot, *Journ. Pharm. et Chim.*, **10**, 1914, p. 361.

Nous avons ensuite cherché à séparer celui-ci par dialyse, puis par fractionnement des produits de cette opération.

Tous les enzymes employés dans nos expériences, très actifs sur l'hydrolyse du salicoside dans les conditions standardisées par Helferich, ont été obtenus par précipitation acétonique (60 % d'acétone) à — 5° d'extraits aqueux de pulpe d'amandes douces mondées (macération de 10g d'amandes broyées dans 30g d'eau pendant 1 à 48 heures à 20°, suivie ou non d'une dialyse de 4 jours à 37°). Les produits diffusibles séparés par dialyse de ces extraits ont été concentrés sous vide à 40°, et l'on a étudié leur action sur la synthèse du β-méthylglucoside en les ajoutant aux préparations enzymatiques dialysées. Dans tous les cas l'émulsine desséchée à l'air, provenant de 10g d'amandes, a été dissoute dans 30^{cm^3} d'alcool méthylique au quart (méthanol 10^{cm^3}, eau q. s. p. 40^{cm^3}) renfermant 10g de glucose, et le mélange, ajusté à pH 5,2-5,8 (tampons acétoacétiques ou aux phosphates), a été porté à 37°. La formation de β-méthylglucoside dans le milieu a été suivie par le dosage du glucose présent à des temps successifs (méthode de G. Bertrand).

Voici quelques exemples des données obtenues au cours de nos expériences.

Synthèse du β-méthylglucoside par des préparations d'émulsine d'amandes douces inégalement purifiées et mise en évidence d'un activateur naturel dialysable.

	% de glucose donnant naissance à du β-méthylglucoside en présence d'émulsine préparée par			
Temps de synthèse (heures).	(A) Extraction d'une heure à 20° non dialysé.	(B) Extraction de 48 heures à 20°, non dialysé.	(C) Traitement (A), 4 jours de dialyse à 37°.	(D) Traitement (C) et addition de dialysat.
24........	18,4	2,1	0	12,1
48........	20,9	13,6	0	15,8
72........	20,9	17,8	–	18,0
120........	21,5	18,9	2,5	–

L'ensemble de nos résultats montre que les extraits aqueux d'amandes douces renferment un activateur naturel de la synthèse enzymatique du β-méthylglucoside. Cet effecteur, diffusible, est en partie détruit par l'autolyse, car l'équilibre du système est beaucoup plus rapidement atteint en présence de préparations provenant de tissus n'ayant subi qu'une protéolyse minime (produit A). Son élimination par dialyse réduit fortement l'activité synthétisante de l'émulsine et respecte le pouvoir hydrolytique élevé de celle-ci vis-à-vis du salicoside ([4]); d'autre part l'aptitude de l'enzyme à donner naissance au β-méthylglucoside est restaurée par l'addition du dialysat d'extraits d'amandes non autolysées. L'activateur est détruit par un chauffage de 15 minutes à 100°. Il

([4]) Dans les exemples cités au tableau le produit (C) est plus actif sur l'hydrolyse du salicoside que le produit (A), bien que le pouvoir synthétisant du premier soit beaucoup plus faible que celui du second.

a été obtenu sous une forme purifiée par précipitation alcoolique des dialysats d'extraits d'amandes, préalablement traités par l'acétate neutre de plomb. Contrairement à l'effecteur naturel dialysable des phosphatases, précipitable à l'état de combinaison saturnine, il ne peut pas être remplacé par l'alanine ([5]); aussi l'activateur de ces enzymes et celui de l'émulsine ne doivent-ils pas être considérés comme identiques.

Conclusions. — Les préparations non purifiées d'émulsine d'amandes douces renferment un effecteur, en l'absence duquel l'enzyme présente un pouvoir hydrolytique élevé et une activité synthétisante minime. Cette dernière augmente considérablement par addition de l'activateur qu'il a été possible de séparer.

Ces faits et d'autres analogues, que nous avons antérieurement établis sur les phosphoestérases et sur les pyrophosphatases, montrent d'autre part que la présence d'activateurs relativement spécifiques de la synthèse joue un rôle très important dans la réversibilité des actions enzymatiques *in vitro*.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

([5]) Nous avons en outre observé que les sulfocyanures alcalins, activateurs de l'hydrolyse du salicoside par l'émulsine, ne sont pas des effecteurs de la synthèse du β-méthylglucoside par le même enzyme.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 SEPTEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Le Méson, aspects théoriques et expérimentaux.* Cet Ouvrage, publié par les soins de la Société d'éditions de la *Revue d'optique,* contient le compte rendu des Conférences faites en mai 1944 à l'Institut Henri-Poincaré sur les propriétés expérimentales du Méson et les théories qui s'y rattachent, ainsi que des discussions qui ont suivi ces conférences. On y trouvera un exposé complet de nos connaissances expérimentales sur ce nouveau corpuscule et du rôle que les théoriciens lui attribuent dans les interactions qui assurent la stabilité des noyaux d'atomes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux propriétés des matrices infinies, hermitiennes positives.* Note (¹) de M. **Gaston Julia.**

I. Dans ses recherches sur l'inversion des opérateurs bornés de l'espace hilbertien, Toeplitz a fait grand usage de la propriété suivante qu'il a établie algébriquement : *Toute matrice hermitienne positive bornée* H (²) *est décomposable en produit* $H = TT^*$, *la matrice* T *étant récurrente et* T^* *étant la matrice adjointe.* Diverses démonstrations ont été données de cette propriété, sans qu'on ait remarqué, à ma connaissance, ni sa signification géométrique, ni la relation qui unit T à la racine carrée de H. L'étude de cette relation fournit, comme on va le voir, une démonstration géométrique très simple de la proposition.

On sait qu'il existe un et un seul hermitien positif B; tel que $B^2 = H$ (³). L'égalité $B^2 = TT^*$, entraînant $\|BX\| = \|T^*X\|$, pour tout X, conduit à poser $T^* = U^*B$, c'est-à-dire $T = BU$, U étant un opérateur *unitaire* tel

---

(¹) Séance du 20 août 1945.

(²) Le minimum $n(H)$ de la forme (X, HX) sur $\|X\| = 1$ est supposé > 0.

(³) Le minimum $n(B)$, sur $\|X\| = 1$, de la forme (X, BX) est alors > 0.

que BU ait une *matrice récurrente*, c'est-à-dire, (e_k) étant la base orthonormale de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, $(e_i, \mathrm{BU}e_k) = 0$ pour $i < k$ ou encore $(\mathrm{U}e_k, \mathrm{B}e_i) = 0$ pour $i < k$. L'ensemble des relations $(\mathrm{U}e_k, \mathrm{B}e_i) = 0$, pour $i < k$, signifie que *le système* $(\mathrm{U}e_k)$ *est alors nécessairement le système orthonormal déduit du système* $(\mathrm{B}e_i)$ *par l'orthonormalisation de Schmidt.*

Réciproquement, l'hermitien borné B étant tel que $n(\mathrm{B}) > 0$, la variété linéaire fermée sous-tendue par les $\mathrm{B}_i = \mathrm{B}e_i$ est *identique à* $\mathcal{H}$, sinon il existerait un $\mathrm{Y} \neq 0$ orthogonal à tous les B_i, donc à tous les $\mathrm{BX} = \Sigma x_i \mathrm{B}_i$, quel que soit $\mathrm{X} = \Sigma x_i e_i$, et BY serait $= 0$, ce qui est impossible. Donc le système orthonormal (ε_k) déduit des $(\mathrm{B}e_i)$ par la méthode de Schmidt est *complet*, et l'on a $\varepsilon_k = \mathrm{U}e_k$, U étant *unitaire*. Alors $(\varepsilon_k, \mathrm{B}_i) = 0$, ou $(\mathrm{U}e_k, \mathrm{B}e_i) = 0$, ou $(e_i, \mathrm{BU}e_k) = 0$, pour $i < k$, ce qui exprime que l'opérateur borné $\mathrm{T} = \mathrm{BU}$ a une matrice *récurrente* dans le système (e_i). Alors $\mathrm{T}^\star = \mathrm{U}^\star\mathrm{B}$ est bien tel que $\mathrm{TT}^\star = \mathrm{B}^2 = \mathrm{H}$.

II. Une deuxième propriété bien connue est la suivante. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'on puisse déterminer dans l'espace hilbertien* $\mathcal{H}$ *un système infini de vecteurs* X_k *tels* (1) $(\mathrm{X}_i, \mathrm{X}_k) = g_{ik}$, les g_{ik} étant des scalaires *donnés*, $(g_{ik} = \bar{g}_{ki})$, *est que la forme hermitienne* $\mathrm{G}_n = \sum_{i,k=1}^{n} g_{ik}\bar{x}_i x_k$ *soit toujours* ≥ 0, *quel que soit n.*

J'ai donné ([4]), en passant, une solution du problème de la détermination des X_k lorsque la forme hermitienne *infinie* $\mathrm{G} = \Sigma g_{ik}\bar{x}_i x_k$ est bornée. Je voudrais ici donner une solution *élémentaire* d'une question un peu plus générale et précise, qui est la recherche d'un tel système (X_k) dans un espace, hilbertien ou *unitaire*, du nombre *minimum* de dimensions, nombre qui peut être fini, lorsque le *minimum* $n(\mathrm{G})$ de la forme G, et même ceux des formes G_n à partir d'un certain indice, sont *nuls*.

1° Il suffit d'étudier la condition suffisante, car, si les X_k existent, on a (2) $\mathrm{G}_n = \left\| \sum_1^n x_k \mathrm{X}_k \right\|^2$. Supposons donc ≥ 0 les minima de toutes les formes G_n sur $\|\mathrm{X}\| = 1$. En décomposant en normes, on a $\mathrm{G}_n = \sum_{r=1}^{r_n} \left| \sum_{k=1}^{n} \lambda_{rk}^n x_k \right|^2$, où $r_n \leq n$ est le *rang* de G_n, les formes linéaires $y_r = \Sigma \lambda_{rk}^n x_k$ étant indépendantes. G_n s'écrit $\mathrm{G}_n = \left\| \sum_{r=1}^{r_n} y_r e_r \right\|^2$, les (e_r) formant un système orthonormal. On identifie $\sum_{r=1}^{r_n} y_r e_r \equiv \sum_{k=1}^{n} x_k \mathrm{X}_k^n$, pour toutes valeurs de x_k, en prenant $\mathrm{X}_k^n = \sum_{r=1}^{r_n} \lambda_{rk}^n e_r$,

([4]) *Comptes rendus*, n° **2**, **219**, 1944, pp. 8-11.

qui fournit un système de vecteurs X_k^n, $(k=1, 2, \ldots, n)$, contenant seulement r_n vecteurs indépendants, et tel que (3) $(X_i^n, X_k^n)=g_{ik}$, pour $i, k \leqq n$. La variété sous-tendue par les X_k^n est à r_n dimensions. r_n est d'ailleurs *la dimension minima* d'un espace unitaire dans lequel on puisse loger des X_k^n vérifiant (2) ou (3). En appliquant à ces X_k^n la méthode d'orthonormalisation de Schmidt, on en déduit n vecteurs orthogonaux ε_k, dont r_n sont unitaires, et $n-r_n$ *sont nuls*, et tels que (4) $X_k^n=\mu_{k1}^n\varepsilon_1+\ldots+\mu_{kk}^n\varepsilon_k$, $(k=1, 2, \ldots, n)$; *on aura* (5) $\mu_{kk}^n>0$ *si* $\varepsilon_k\neq 0$, *et l'on peut prendre* $\mu_{rk}^n=0$ *pour* $r\geqq k$ *si* $\varepsilon_k=0$.

Réciproquement, en admettant *a priori* les propriétés (5) des μ_{ik}, on voit que les μ_{ik}^n sont déterminés *d'une façon unique* par les équations (3).

2. *Faisons croître n*. On voit que $r_n\leqq r_{n+1}$. Si $r_n=r_{n+1}$, on a $\varepsilon_{n+1}=0$ et $\mu_{n+1,n+1}^{n+1}=0$. D'ailleurs, on aura, dans tous les cas, $\mu_{ik}^n=\mu_{ik}^{n+1}$, pour $i, k\leqq n$, les μ_n^{ik} étant déterminés d'une façon unique par les conventions (5) et les équations (3) n'étant que les équations (1) relatives à $i, k\leqq n$. On peut donc conserver pour X_k^{n+1} les formules (4), pour $k\leqq n$ et introduire dans X_{n+1}^{n+1} un nouveau vecteur ε_{n+1}, qui sera orthonormal aux $\varepsilon_k(k\leqq n)$ si $r_n<r_{n+1}$, et qui sera nul si $r_n=r_{n+1}$. Dans ce dernier cas on aura, bien entendu, $\mu_{i,n+1}^p=0$ pour i et $p\geqq n+1$.

Continuant indéfiniment ce procédé, on verra qu'en envisageant un système orthonormal infini (e_k), la détermination des X_k, solutions de (1), *rapportés à leur système orthonormal de Schmidt*, avec les conventions (5), est *unique* et fournie par (6) $X_i=\mu_{i1}e_1+\ldots+\mu_{ii}e_i$, $(i=1, 2, \ldots, \infty)$, avec $\mu_{ik}=\mu_{ik}^n$ pour $n\geqq i\geqq k$. *Deux cas sont alors possibles :*

a. $r_n\to\infty$ *avec n*. Alors les X_i sont déterminés, à un déplacement près, dans un espace d'Hilbert, par les équations (1) jointes aux conventions (5), et ils s'expriment par les formules *réduites* (6); mais il est *impossible de les déterminer par* (1) *dans un espace unitaire à nombre fini de dimensions;*

b. *A partir de l'indice* N, r_n *reste constant et* $=\rho$. Tous les ε_n sont nuls pour $n\geqq$ N, et il n'y a que ρ vecteurs ε_n linéairement indépendants. On peut donc déterminer les X_i, solution de (1), *dans tout espace unitaire à* $r\geqq\rho$ *dimensions* [ils s'expriment par les formules (6)], mais jamais dans un espace unitaire à $r<\rho$ dimensions.

Si l'on appelle *rang* de la forme hermitienne infinie G, la limite ρ du rang r_n de G_n, pour $n=\infty$, on peut dire que la condition énoncée au début de II est nécessaire et suffisante pour la détermination des X_i satisfaisant à (1) *dans un espace hilbertien ou* unitaire, *lorsque le rang* ρ *de la forme* G *est* $\leqq$ *au nombre des dimensions de l'espace*.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caryophyllacées. Développement de l'embryon chez l'*Arenaria serpyllifolia *L.* Note de M. **René Souèges**.

On est loin d'être d'accord sur l'étendue de la famille des Caryophyllacées et sur l'ordre qu'il convient d'introduire parmi les nombreuses espèces qui la composent. On accepte généralement sa division en deux sous-familles, les Silénoïdées et les Alsinoïdées. Mais, dans cette dernière, on admet un nombre variable de tribus, dont certaines sont élevées au rang de familles distinctes par quelques systématiciens. Pour établir ces divisions et subdivisions, on a fait intervenir uniquement des caractères organographiques. Il n'est pas sans intérêt de savoir ce qu'on pourrait tirer, à cet égard, des lois qui président au développement de l'embryon, de déterminer dans quelle mesure les données embryogéniques confirment les groupements déjà proposés, ou si, les infirmant, elles permettent d'en édifier de nouveaux sur des fondements plus rationnels.

Déjà l'étude embryogénique du *Sagina procumbens* [1], du *Scleranthus perennis* [2], de l'*Herniaria glabra* [3], du *Polycarpon tetraphyllum* [4], quatre espèces que l'on range dans quatre tribus différentes, les Alsinées, les Scléranthées, les Paronychiées et les Polycarpées, a fait connaître des termes de rapprochement qui ne seraient nullement favorables aux rapports qui servent présentement de base à ces divisions. Les données qui se dégagent de mes recherches sur l'*Arenaria serpyllifolia*, plante de la tribu des Alsinées comme le *Sagina procumbens*, démontrent que les *Arenaria* se rapprocheraient beaucoup plus intimement des Scléranthées que des Alsinées.

L'embryon se développe aux dépens de la cellule apicale, *ca* (*fig.* 1), du proembryon bicellulaire, la cellule basale, *cb*, qui se convertit en une grosse vésicule haustoriale, ne prenant aucune part à sa construction. En 2, la cellule apicale a donné deux éléments superposés, *cc* et *cd*; en 3, ceux-ci ont engendré une tétrade comportant quatre éléments en série linéaire, *l*, *l'*, *m* et *ci*. Les figures 4 à 7 permettent de voir comment se segmentent les éléments de cette tétrade pour donner naissance à un proembryon octocellulaire. Aux stades suivants, les deux blastomères, *n* et *n'*, issus de *ci*, se divisent transversalement et font apparaître une file de quatre éléments *h*, *k*, *o* et *p* (*fig.* 8); puis les six autres se partagent par des cloisons verticales méridiennes pour donner trois étages de quatre cellules circumaxiales. Au terme de ces divisions, le proembryon, toujours abstraction faite de la cellule basale, devrait comporter seize éléments, mais le retard que subit la segmentation au niveau de *l* ne permet pas de rencontrer cette forme hexadécacellulaire (*fig.* 9).

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 175, 1922, pp. 709 et 894; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 71, 1924, p. 590.
(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1404.
(3) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 85, 1938, p. 353.
(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 41.

La segmentation se poursuit dans les deux étages *l* et *l'* selon des lois tout à fait identiques à celles qui ont été établies au sujet du *Sagina procumbens* et du *Scleranthus perennis*. L'étage *l* donne une épiphyse génératrice du cône végétatif de la tige; l'étage *l'* engendre la partie cotylée proprement dite. Dans l'étage *m* (*fig.* 10), les premières cloisons verticales isolent le dermatogène, puis, dans les cellules intérieures, d'autres cloisons verticales séparent, extérieurement, sous le dermatogène, les premiers éléments de périblème (*fig.* 12, 13). Dans les nouvelles cellules adjacentes à l'axe, il se constitue des parois transversales à la suite desquelles se différencient, vers le haut, les premiers éléments de plérome, *pl* (*fig.* 14), qui se cloisonnent bientôt longitudinalement pour isoler le péricycle, *pr* (*fig.* 16, 17), et, vers le bas, des éléments assez surbaissés, *i* (*fig.* 14, 15); ceux-ci se segmentent, en règle générale, transversalement pour engendrer à la fois les initiales de la stèle, *icc*, et celles de l'écorce de la racine, *iec* (*fig.* 17, 18). Il y a, dans

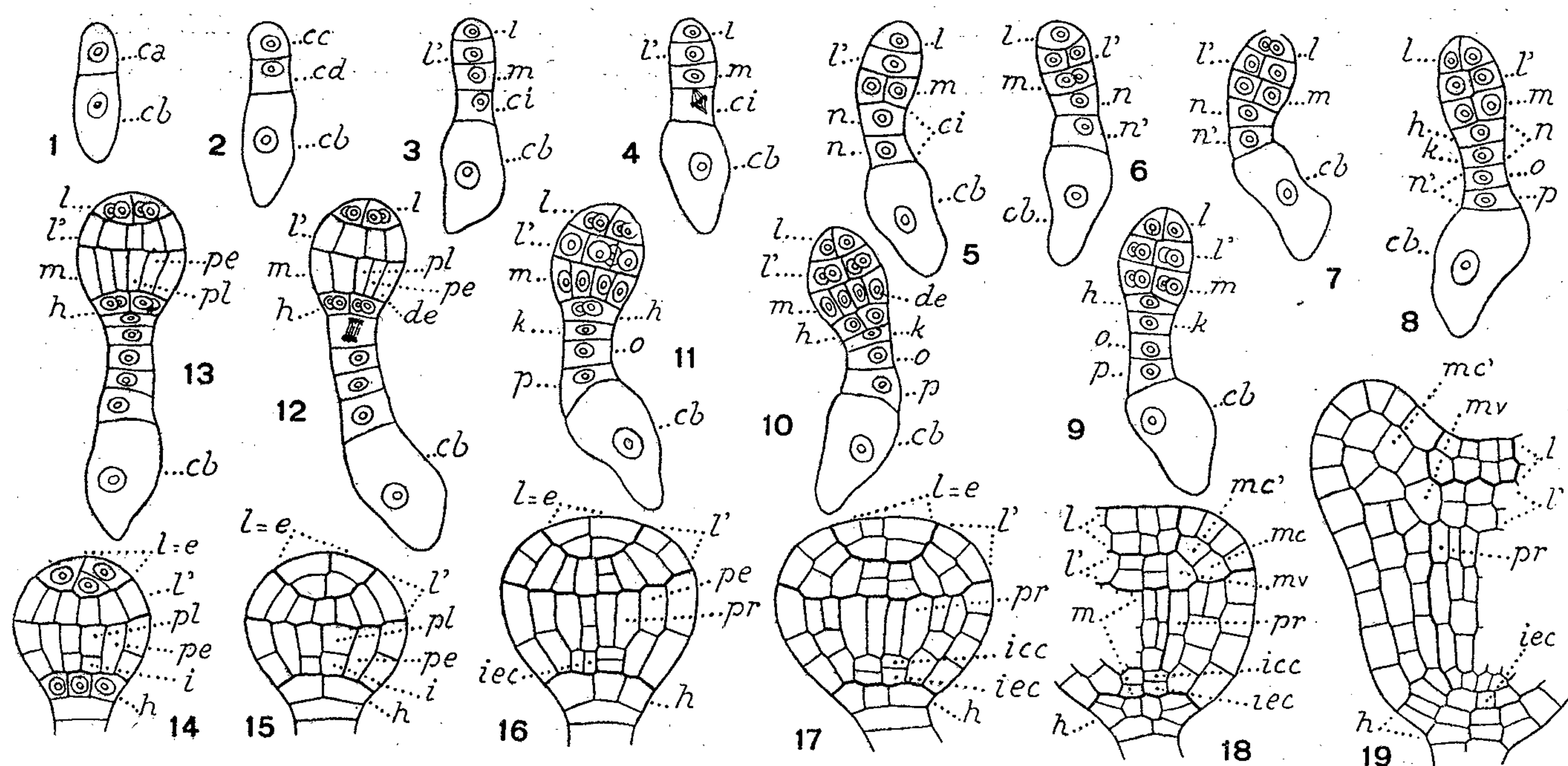


Fig. 1 à 19. — *Arenaria serpyllifolia* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *l*, cellule-fille supérieure de *cc* ou épiphyse, *e*; *l'*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie cotylée proprement dite; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, cellule-fille supérieure de *n* ou partie médiane de la coiffe; *k*, cellule-fille inférieure de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *i*, cellule-mère des initiales de la stèle, *icc*, et de l'écorce, *iec*, de la racine; *pr*, péricycle; *mc* et *mc'*, méristème cortical externe et interne, et *mv*, méristème vasculaire des cotylédons. G. = 320.

cette séparation des deux catégories d'initiales, une particularité fort intéressante, que l'on observe également chez le *Scleranthus perennis*, mais qui n'avait pas d'abord suffisamment attiré mon attention, lors de mes recherches sur cette dernière espèce. Il faut reconnaître, d'ailleurs, que, parfois, la cellule *i* se segmente longitudinalement (*fig.* 16 à g.) et fonctionne ainsi directement comme initiale de l'écorce.

C'est la cellule *h* (*fig.* 8 à 10) qui donne naissance à la portion médiane de la coiffe; ses processus de division sont identiques à ceux qu'offre sa mère chez le *Sagina procumbens*. Les cellules *k*, *o* et *p*, après quelques divisions transversales, donnent un filet-suspenseur de 5 à 7 éléments, reliant la vésicule haustoriale à l'embryon proprement dit.

Il n'est pas possible de relever une différence quelconque, de quelque valeur,

dans les lois qui président au développement de l'embryon chez l'*Arenaria serpyllifolia* et chez le *Scleranthus perennis*. Les deux espèces se rattachent à l'archétype du *Sagina procumbens;* elles ne s'en séparent que par des caractères nettement secondaires, relatifs : 1° à l'individualisation plus tardive des initiales de l'écorce de la racine; 2° à la différenciation, également plus tardive, de la cellule génératrice du primordium de la coiffe. On voit, par là, dans quelle mesure les caractères embryogéniques peuvent être appelés à modifier les classifications actuelles, d'après lesquelles les Scléranthées, simple tribu des Caryophyllacées selon les uns, véritable famille selon les autres, formeraient un groupe fort distinct des Alsinées.

GÉNÉTIQUE. — *Fleurs doubles par variation de bourgeons. Mutation réversible de la* Cardamine pratensis *L. var.* flore pleno. Note [1] de M. **Louis Blaringhem**.

Les fleurs doubles sont, dans la majorité des cas, le résultat de l'hybridation entre espèces affines; la vigueur exceptionnelle des individus de première génération, l'avortement parallèle des pollens entraîne la pétalisation des organes staminaux et, plus rarement, des carpelles et des ovules; par sélection des descendants peu fertiles, graduellement on aboutit à des fleurs semi-doubles, parfois pleines, et alors multipliées par boutures ou par greffes. J'en ai donné un exemple remarquable [2] en 1926, obtenu à la Station Berthelot, *Geum montanum* var. *polypetalum*.

La mutation purement végétative est beaucoup plus rare; le seul exemple précis, et indiscuté, est cité par A. Pyrame de Candolle [3] (*Æsculus Hippocastanum* Maronnier); l'anomalie apparut sur un arbre âgé, en pleine vigueur, et ne se produisit que sur une seule branche, dont toutes les fleurs avaient des languettes stériles aux lieu et place des étamines; on admet volontiers que les formes horticoles, peu nombreuses d'ailleurs, d'*Æsculus* à fleurs doubles dérivent de cette branche, propagée par greffe et pollinisée par les espèces réunies dans les collections. Le genre *Æsculus* de Linné renferme au moins 15 bonnes espèces dont les Stations naturelles (Grèce, Himalaya, Japon, Amérique du Nord jusqu'au Vénézuela) sont fort dispersées et l'on est en droit d'espérer des nouveautés à fleurs doubles par des croisements artificiels méthodiques. C'est probablement par hybridation qu'a été obtenu, chez André Leroy, à Angers [4], le premier *A. Hyppocastanum flore pleno* né de graine.

---

(1) Séance du 20 août 1945.

(2) *Comptes rendus,* **182**, 1926, p. 148.

(3) *Physiologie végétale,* **2**, 1832, II, p. 470.

(4) *Annales Soc. Horticulture de Paris,* 1844, p. 280.

Le retour, par variation de bourgeon, de la variété à fleurs doubles au type spécifique à fleurs simples et fécondes est plus exceptionnel encore, si l'on écarte les cas, nombreux alors, obtenus dans la propagation des Rosiers, des Œillets, soumis régulièrement à la greffe ou propagés par boutures. Le plus célèbre, et le plus net par l'intérêt qu'il a provoqué chez les botanistes descripteurs, s'est produit dans le jardin même d'Alexander Braun, qui en donna une relation détaillée ([5]).

Une Rosacée à fleurs doubles, pleines, du Japon, remarquée par Thunberg et nommée par lui *Corchorus haponicus*, fut répandue dans tous les jardins d'Europe à partir du milieu du XVIII[e] siècle en raison de la beauté, du nombre et de la taille de ses fleurs de longue durée. Ni les horticulteurs, ni les botanistes n'avaient eu la tentation de l'identifier avec *Kerria japonica* D. C. (*Rubus japonicus* de Linné), plante décorative, mais à floraison de courte durée, à fleurs échelonnées sur de longues branches arquées et traînantes, dont la variété à fleurs panachées est encore actuellement très appréciée. Dans le jardin particulier d'A. Braun, une plante âgée et bien fournie en ramifications dressées, qui n'avaient jusque-là porté que les fleurs doubles dites *Corchorus*, produisit une branche, grêle, arquée et à feuilles échelonnées, vertes comme celles du *Corchorus*, mais portant à leur aisselle des fleurs typiques de *Kerria japonica*. Depuis cette date le nom de genre *Corchorus* a été supprimé de la nomenclature et les touffes à fleurs doubles portent le nom *Kerria japonica*.

Très brièvement, Ch. Darwin fournit une liste de plantes horticoles présentant des variations de couleurs des fleurs sur le même sujet (*Rosa*, *Dianthus*, *Antirrhinum*, *Cyclamen*, *Gladiolus*, *Fuchsia*, *Mirabilis*...), toutes variations rapportées depuis les travaux de Ch. Naudin à la disjonction en mosaïque des hybrides; Darwin, dis-je ([6]), écrit : « Sur une Giroflée double (*Matthiola incana*) j'ai vu une branche portant des fleurs simples ». *Matthiola incana* est une plante vivace dont la duplicature et même la prolifération des fleurs est connue et figurée depuis le début du XVIII[e] siècle; c'est l'origine des Giroflées *Quarantaines* ou *Anglaises*, qui depuis 1850 sont l'objet de sélections de la part des horticulteurs. On sait, mais on n'explique pas le mécanisme héréditaire de ces lignées, que les fleurs doubles sont pleines, c'est-à-dire absolument stériles; les plantes fertiles, simples et ne présentant aucune altération ni trace de duplicature, donnent des fruits parfaits, des graines toutes semblables et fertiles, dont environ 50 % des produits sont à fleurs simples, 50 % à fleurs doubles. Chaté, en France, les horticulteurs d'Erfurt, en Allemagne, indiquent

---

([5]) *Abhandlungen der Kön. Akademie*, Berlin, 1859, p. 219.
([6]) *Variation des Animaux et des Plantes*, traduct. MOULINIÉ, I, 1868, p 405.

des procédés de fumure et de taille qui portent jusqu'à 80 % la proportion de doubles, et j'ai appris à Bourg-la-Reine, dès 1903-1904, à *essimpler* dans les semis des fleuristes qui alimentent les marchés de Paris. Depuis cette époque j'étudie le problème, sans succès d'ailleurs, avec *Matthiola.* C'est qu'il s'agit ici d'une métamorphose complète et constante par hérédité, la formation simultanée par la même plante mère, autofécondée, de graines qui, dès le plus jeune âge, à 4 feuilles, portent déjà la marque qui les désigne comme plantes à fleurs doubles ou plantes à fleurs simples; les descendants d'une plante autofécondée offrent tout le long de leur vie, par les feuilles, par les ramifications, par les grappes condensées ou lâches, par la rapidité ou la lenteur de l'épanouissement, les caractères aboutissant à des fleurs normales et fertiles, ou à des fleurs pleines absolument stériles.

En parallèle avec ces études je m'attachai à suivre le processus, plus compliqué en apparence, mais de même nature que présente la Cardamine des prés. L'espèce en question offre les particularités suivantes qui facilitent les recherches biologiques; les fleurs sont autostériles; les graines nombreuses, germant sans déchet, ne sont obtenues que par la fécondation croisée, relativement facile et la variété *Cardamine pratensis* L. *flore pleno*, qui est en réalité prolifère, se multiplie, comme l'espèce, par le bouturage des lobes des feuilles basilaires. J'ai donné sur ces recherches les résultats essentiels ([7]).

Cardamine pratensis L. est une plante très commune dans les prairies humides de l'Europe; elle fut autrefois recherchée et utilisée en guise de Cresson pour les salades. La variété à fleurs prolifères est signalée par De l'Écluse en 1601; j'en ai obtenu des lignées distinctes qui indiquent que la mutation se produit de temps à autre, et toujours sur le même mode, c'est-à-dire première fleur épanouie double avec pseudo-ovaire pédicellé à valves ovales, qui s'ouvre en donnant une houppe de ligules stériles. J'ai obtenu, en 1922-23; à la suite d'inondations de prairies aux Ponts-de-Cé (Maine-et-Loire), la métamorphose sur un seul individu, parmi les milliers suivis avant et après 1923. Enfin j'ai réalisé des hybrides entre la variété à fleurs prolifères et l'espèce-type, ayant observé qu'en fin de floraison des hampes prolifères, les dernières fleurs donnent des ligules foliacées jaunâtres renfermant parfois du pollen parfaitement constitué et susceptible de féconder les individus à fleurs simples.

Les produits de cette hybridation sont pour la plupart à fleurs simples; 10 %, après avoir donné des fleurs simples fertiles, offrent les traits caractéristiques de la prolifération, mais, à tous les degrés, donnent des graines fertiles dans des fruits qui montrent côte à côte des ovules, métamorphosés en houppes de ligules et des graines parfaites.

Le fait nouveau est la découverte, à la Station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise) en mai 1945, d'une tige fleurie tardive, à fleurs simples

---

([7]) L. Blaringhem, *Bull. Soc. bot. France*, **60**, 1913, pp. 304-312 et 1 fig.; *Bull. Soc. Path. végét.*, **9**, 1922, pp. 138-144 et 1 fig.; *Rev. Path. végét. et Entom. agricole*, **10**, 1923, pp. 141-150 et 1 pl.; enfin *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1734, et 1 photogr.

insérée sur la tige beaucoup plus âgée, ayant porté en mars toutes les fleurs doubles et prolifères. En mars et au début d'avril, toute la colonie en fleurs ne présentait que des fleurs doubles et cette colonie, suivie, depuis 1908, en cette même Station, n'avait jamais montré de fleurs différentes; je constatai en mai que l'unique hampe à fleurs simples s'était développée sur une tige brisée au pied, sans doute au cours de l'examen que j'avais fait de ces plantes au début de mars. La tige à fleurs prolifères était appliquée contre le sol, encore adhérente, par des tissus solides et vascularisés, à la rosette dont elle était une pousse tardive; les précédentes tiges étaient parfaitement dépouillées de leurs sépales et de leurs pétales, mais l'état de fleurs prolifères ne peut échapper à l'examen; leurs pédoncules dépouillés présentent de fortes nodosités, traces de l'attache des deux valves du fruit déformé enserrant les pièces pétaloïdes formant houppe.

Ainsi, au cours de 40 années, car mes observations et expériences avec *Cardamine pratensis* L. datent de 1905 dans le petit bassin du jardin de la Nature à l'École Normale supérieure, j'ai pu obtenir des hybrides très divergents de ceux qu'on observe dans la nature entre plantes à fleurs simples et plantes à fleurs doubles; j'ai pu démontrer que la mutation, assez fréquente, se renouvelle sur des lignées élémentaires différentes et, en un cas, j'ai assisté à la métamorphose due à l'inondation persistante, donc à un facteur physique. Enfin j'assiste, cette année 1945, au retour accidentel, dû à un traumatisme, d'un bourgeon, d'une branche aboutissant à une hampe à fleurs simples dont le pollen est de parfaite qualité, dont les ovules n'ont pu être fécondés parce qu'il n'y avait plus, en mai 1945, de fleurs normales à ma disposition. La métamorphose directe et le retour réciproque ainsi obtenus constituent une des plus belles démonstrations de l'origine des fleurs doubles, réalisée avec une plante sauvage; elle fournit des indications précieuses pour l'obtention de la duplicature avec d'autres genres, par exemple pour la duplicature de l'*Erysimum Perowskianum* de Caboul, dont j'étudie les variations depuis quinze années, et jusqu'ici sans succès. En revanche j'en ai obtenu quelques individus femelles, à étamines avortées, mais à ovaires parfaits et j'en étudiais l'hérédité à la Station Berthelot de 1935 à 1939, études malheureusement interrompues par les hostilités.

Mais je puis affirmer que, pour la Cardamine, que, pour la Giroflée Quarantaine, l'hérédité de la duplicature parfaite, sans transition avec l'état de fleur simple, suit les règles que j'ai observées pour l'hérédité du sexe chez les Ancolies, chez les Sauges, les Lychnides et que la cause immédiate de la variation est une altération du développement végétatif.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Sur le rôle des associations scientifiques dans le développement économique. A propos des travaux de l'Association française des techniciens du pétrole, à Saint-Gaudens, les 5 *et* 6 *juillet* 1945, par Camille Manceau (Extrait des *Procès-verbaux de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*.

ASTROPHYSIQUE. — *Exploration météorique de la haute atmosphère.* Note de M. **František Link**, présentée par M. Bernard Lyot.

L'exploration météorique de la haute atmosphère a été inaugurée par le travail bien connu de Lindemann et Dobson ([1]) en 1923. Depuis, de nouvelles théories et conceptions relatives à la luminescence des météores ont été introduites. Nous en avons pris une, celle d'Öpik ([2]), et nous l'avons adaptée au but que nous poursuivons.

Dans cette voie, nous avons été conduit par les considérations suivantes : le problème météorique de la haute atmosphère contient généralement trop d'inconnues, tâchons d'éliminer la plus importante qui est la densité de l'air. Parmi les données d'observation, maigres en général, les altitudes d'apparition et de disparition sont les plus dignes de confiance et les plus nombreuses. L'éclat du météore est une quantité mal déterminée, ainsi que la vitesse. D'autre part le mécanisme de la production de la lumière est peu connu.

Ces considérations nous ont amené à l'adaptation de la théorie d'Öpik. Elle s'applique surtout aux météores faibles, dont la limite peut être fixée à $m \leqq 1$. D'après la théorie, en question le rapport des masses d'air traversées par le météore jusqu'à sa disparition et son apparition (toujours bien entendu depuis l'entrée dans l'atmosphère) est une fonction des constantes thermiques de la matière météorique seulement, $M_d/M_a = k$, $k \sim 4,1$ pour les sidérites et $\sim 2,9$ pour les météorites pierreuses environ.

Notre adaptation de ce résultat consiste à déterminer ce rapport pour le plus grand nombre des météores observés en partant des masses d'air connues par la méthode crépusculaire.

([1]) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **102**, 1923, p. 411.
([2]) *Publ. Obs. Tartu*, **23**, n° 5, 1937.

Nous avons puisé dans les différentes collections de trajectoires météoriques de Denning, Sawicky, Broch, Wills et Olivier, pour ne citer que les plus abondantes, et nous avons pu ainsi réunir 881 trajectoires utilisables. La statistique des rapports k effectuée séparément pour l'été et pour l'hiver, ainsi que pour les météores sporadiques et les météores cométaires (Perséides et Léonides), fait ressortir nettement l'existence des trois maxima de fréquence (*voir* le tableau)

Statistique des rapports log$k$; *nombre de cas.*

	Été.		Hiver.	
log$k$.	Sporadiques.	Perséides.	Sporadiques.	Léonides.
0,10–14....	1	2	2	3
15–19....	15	7	4	4
20–24....	24 A	5	8	11
25–29....	16	10 A	10	12
0,30–34....	14	7	15 A′	5
35–39....	11	5	12	10
40–44....	25 B	5	11	8
45–49....	15	11 B	19	12 B′
0,50–54....	18	7	21 B′	6
55–59....	14	16	15	13
60–64....	16	9	16	7
65–69....	26 C	6	13	13
70–74....	14	15 C?	20 C′	10
0,75–79....	14	4	11	8
80–84....	12	8	9	3

	Été.		Hiver.	
log$k$.	Sporadiques.	Perséides.	Sporadiques.	Léonides.
0,85–89....	16	12	3	5
90–94....	9	6	5	4
95–99....	8	3	8	4
1,00–04....	10	7	3	–
05–09....	2	7	6	–
10–14....	6	10	5	2
15–19....	1	6	1	2
20–24....	4	7	2	0
1,25–29....	–	5	4	2
30–34....	3	5	4	3
35–39....	4	3	–	1
40–44....	2	7	1	2
45–49....	1	9	–	–
	301	202	228	150

Nombre total................ 881

désignés A, B, C, ou A′, B′, C′. Les positions moyennes de B et C, c'est-à-dire $(B+B')/2=0{,}47$ et $(C+C')/2=0{,}70$, sont en assez bon accord avec les valeurs théoriques 0,47 et 0,62. De cet accord on peut conclure l'exactitude essentielle de nos densités crépusculaires (³). Quant au premier maximum, il rend probable l'existence d'une troisième catégorie de météorites inconnue jusqu'à présent, du moins ce ne sont pas tout simplement les conditions toutes différentes qui lui donnent naissance.

D'autre part, le déplacement des maxima d'été par rapport à ceux d'hiver peut être interprété comme une augmentation, en été, du gradient de densité de la haute atmosphère vers 100^{km} d'altitude. Si c'est l'effet de la température, l'ionosphère vers 100^{km} serait plus froide en été qu'en hiver. D'autres variations, telles que la variation nocturne et l'influence de l'activité solaire, n'ont pu être distinguées nettement sauf le fait que les courbes de fréquence trouvées pendant

(³) F. LINK, *Journ. des Obs.*, **17**, 1934, p. 161; *Met. Zeits.*, **61**, 1944, p. 87.

le minimum d'activité solaire paraissent moins troublées et les maxima de fréquence y sont plus prononcés que pendant les époques des maxima d'activité.

Ces résultats, dont les détails seront publiés dans un autre Recueil, montrent l'importance des bonnes et nombreuses déterminations des trajectoires géocentriques des météores faibles, tâche dont l'exécution pratique incombe aux observations d'amateurs bien organisées.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 9 avril 1945.)

Note de M. *Didier Bertrand*, p. 525, rectifier le titre comme suit : Sur le phénomène de l'optimum de concentration des solutions fluorescentes.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 SEPTEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 17 juillet 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **WALTER SYDNEY ADAMS**, à la place d'Associé étranger, vacante par le décès de M. *Levi-Civita*.

Il est donné lecture de ce décret.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la détermination des corrections de soufflerie.* Note de MM. **JOSEPH PÉRÈS** et **LUCIEN MALAVARD**.

1. L'un de nous a envisagé en détail (¹) l'application directe, au problème de la détermination des corrections de soufflerie, de l'expérimentation rhéoélectrique : il adapte le calculateur d'ailes à la détermination pratique des corrections de parois pour une aile placée dans une veine limitée quelconque. Nous indiquons ici une autre méthode qui combine l'expérimentation analogique et le calcul et dont le principe est fort simple : obtenir, au bassin électrique, une représentation conforme de la section droite de veine sur une aire plus simple et pour laquelle on puisse traiter la question par l'analyse.

Ce procédé est peut-être un peu plus long, mais il a l'intérêt de n'utiliser qu'un matériel expérimental très réduit et de s'appliquer aussi simplement quelle que soit la position de l'aile dans la veine. Nous l'avons utilisé couramment.

2. Pour une veine entièrement guidée ou entièrement libre, la représentation conforme la plus indiquée, en vue de la simplicité des calculs ultérieurs, serait celle qui donne un cercle. Mais cette représentation est à écarter dans le cas d'une veine mixte, cas que l'on traite au contraire très aisément en représentant la section sur un rectangle, les arcs libres

---

(1) L. MALAVARD, *Publ. Sc. et Tech. du Min. de l'Air*, Paris, 1939, fasc. 153.

et guidés de frontière correspondant aux divers côtés de ce rectangle. Comme d'autre part c'est la représentation sur le rectangle qui est la plus immédiate au bassin électrique, nous l'utilisons en général systématiquement.

3. Le bassin électrique plan, en matériau isolant, a la forme de la section de veine. On obtiendra la représentation sur un rectangle par deux expériences, faites en alimentant le bassin au moyen d'électrodes disposées suivant les arcs de frontière, qui doivent correspondre aux deux couples de côtés opposés du rectangle. Dans chaque expérience on trace les lignes potentielles du champ (potentiels V et V′, toujours mesurés, par exemple, de 0 à 1 entre les deux électrodes); ces lignes correspondent aux droites $X = \text{const.}$ et $Y = \text{const.}$ du plan du rectangle. On achève de préciser la correspondance par les formules évidentes

$$X = mV, \qquad Y = m\beta V', \tag{1}$$

m étant un facteur d'échelle *ad libitum* et β, rapport des cotés du rectangle, étant déterminé par la formule $\beta = \sigma/tR$ où σ est la résistivité du liquide dans le bassin, t sa hauteur, R la résistance entre les électrodes.

Notons en passant que les symétries éventuelles permettent de réduire la représentation à la moitié ou au quart de la section. Dans les cas très usuels où le segment portant est suivant un axe de symétrie de la veine, il suffit de connaître la correspondance avec les points du rectangle sur cet axe et une seule expérience suffira.

4. On sait déterminer les corrections de parois dans le cas de la section rectangulaire. Reste donc à établir les formules permettant de passer de ce cas au cas d'une section quelconque, compte tenu de la représentation conforme (obtenue ici expérimentalement).

Nous appelons $z = x + iy$ et $Z = X + iY$ les variables complexes dans le plan de la section de veine et dans le plan du rectangle, la correspondance entre elles étant définie par les essais décrits ci-dessus (n° 3). Ces essais donnent aussi le module de transformation $|dZ/dz|$ aux points où il peut être utile. Pour fixer les idées nous supposerons que les axes xy sont axes de symétrie de la veine, le segment portant étant sur Ox, entre les abscisses $-b$ et $+b$. On verra sans peine les modifications des formules lorsque ces conditions ne sont pas remplies.

5. Traitons d'abord le cas où la circulation est la même tout le long de l'envergure, l'aile étant donc assimilée à deux tourbillons $+\Gamma$ et $-\Gamma$, aux abscisses $+b$ et $-b$. On sait que, $f = \varphi + i\psi$ étant le potentiel d'influence des parois (pour $\Gamma = 1$), on a le facteur de correction

$$\delta = \frac{s_0}{2b^2}[\psi]_{-b}^{+b} = \frac{s_0}{b^2}(\psi)_{z=b}, \tag{2}$$

ψ étant pris nul sur l'axe Oy et s_0 étant l'aire de la section de veine [2].

Dans le cas du rectangle on a les deux tourbillons $+\Gamma$ et $-\Gamma$ aux points homologues $+B$ et $-B$ de OX, le facteur de correction est donné par la formule analogue

$$\Delta = \frac{S_0}{B^2}(\Psi)_{z=B}. \tag{3}$$

Mais le potentiel d'influence $F = \Phi + i\Psi$ n'est pas le transformé de f, on a

$$f = F - \frac{i}{2\pi}\log\left(\frac{Z-B}{Z+B}\,\frac{z+b}{z-b}\right). \tag{4}$$

La comparaison de (2) et (3), compte tenu de (4), donne la relation que nous avions en vue

$$\delta = \frac{s_0}{S_0}\left(\frac{B}{b}\right)^2\Delta - \frac{s_0}{2\pi b^2}\log\left\{\frac{b}{B}\left|\frac{dZ}{dz}\right|_{z=b}\right\}. \tag{5}$$

On voit que la détermination de δ implique : 1° le calcul de Δ, qui est bien connu dans les divers cas; 2° un essai au bassin électrique qui donnera l'abscisse B correspondant à b, ainsi que la valeur du module $|dZ/dz|_{z=b}$.

6. Dans le cas général où la loi de circulation en envergure est quelconque, définie par la fonction $\Gamma(x)$, on peut calculer le facteur de correction par la formule évidente

$$\delta = 2s_0\frac{\displaystyle\int_0^b d\Gamma(x)\int_0^x d\Gamma(\xi)\psi(x,\xi)}{\left\{\displaystyle\int_0^b \Gamma(x)\,dx\right\}^2}, \tag{6}$$

$\psi(x,\xi)$, qui dépend symétriquement des deux variables qui y figurent, étant la valeur, au point d'abscisse x de Ox, de la fonction de courant d'influence des parois pour deux tourbillons d'intensité ± 1 placés aux abscisses $\pm\xi$ du même axe.

L'équation (4) donne immédiatement

$$\psi(x,\xi) = \Psi(x,\xi) - \frac{1}{2\pi}\log\left|\frac{Z-B}{Z+B}\,\frac{z+b}{z-b}\right|, \tag{7}$$

et permet la détermination de ψ à partir de la fonction Ψ analogue pour le rectangle; la valeur du terme complémentaire au second membre résulte de mesures faites sur le graphique de représentation conforme obtenu expérimentalement.

Les déterminations de ψ étant faites pour des valeurs de ξ et x assez

---

[2] *Loc. cit.* note précédente, page 86.

serrées et régulièrement espacées, on a les éléments numériques permettant, par quadratures mécaniques, le calcul rapide de δ quelle que soit l'envergure $2b$ et la loi de circulation $\Gamma(x)$.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Plantes annuelles et plantes vivaces; Xénie des plantules.* Note [1] de M. **Louis Blaringhem.**

Les phénomènes de Xénie chez le Pois sont connus depuis 1729 et ont provoqué la découverte de Gregor Mendel (1865), qui note la dominance des cotylédons amylacés sur les cotylédons sucrés et ridés; Mlle Cécile Bourdouil (1933) démontre dans sa Thèse qu'il s'agit de l'activité de diastases plus actives chez le type amylacé, dont les embryons sont adultes, que chez le récessif sucré, fixé à un stade infantile. Mais il s'agit de croisements entre races bien définies et Darwin (*Variation des An. et des Plantes*, trad. Moulinié, I, pp. 422-429) insiste longuement sur les cas encore rares de la transmission immédiate et directe de l'élément mâle sur la forme du fruit et des embryons de la mère. Après Louis Vilmorin (1867), de nombreux auteurs l'ont constatée chez le Maïs, les grains ronds, amylacés dominant les grains sucrés, phase infantile de mise en réserve des glucides. Hugo de Vries en donne l'explication décisive à l'Académie le 4 décembre 1899, s'appuyant sur la découverte toute récente de la double fécondation par Léon Guignard et S. Nawashine. De ces travaux résultent la Génétique et les découvertes d'un demi-siècle, biologiques et cytologiques.

Et cependant la Xénie est un phénomène plutôt rare et paraît transitoire, comme le sont d'ailleurs tous les phénomènes diastasiques. L'un des plus probants est cité par Ch. Darwin. Le *grand Pois sucré*, dont les cosses sont minces, très minces et deviennent d'un blanc brunâtre lorsqu'elles sont sèches, fécondé par le pollen du *Pois à cosses pourpres*, dont les cosses sont épaisses et deviennent rouge pourpre à la dessiccation, a donné accidentellement à Laxton de Stainford une cosse nuancée de rouge pourpré qu'il a communiquée à Darwin, et cette anomalie accidentelle est expliquée par le fait que la couleur pourpre des graines est visible à travers la cosse. Même remarque relative à la *Giroflée Cocardeau* (*Matthiola annua*) à graines d'un brun clair qui deviennent brunes, et cela dans la proportion de 50 % lorsque cette variété est pollinisée par le *Matthiola incana*. Ch. Naudin a noté chez Denis des fruits de *Chamærops humilis* ayant acquis la pulpe sucrée de la datte après la pollinisation avec le Dattier. Je pourrais donner des listes de faits analogues réunis depuis 1900; j'insiste sur les plus probants examinés et suivis par les fondateurs de la Biologie végétale.

---

(1) Séance du 3 septembre 1945.

Un fait a été, je crois, négligé jusqu'à présent : les variétés récessives de plantes où la Xénie est rigoureusement contrôlée sont rares et manifestement plus récentes et plus précoces que les variétés dont le pollen montre une activité immédiate. Ceci n'est pas douteux pour le *Maïs*, dont les variétés à grains amylacés ont été découverts et en nombre dans les ruines des populations précolombiennes de l'Amérique. C'est aussi très probable pour le Pois; les *Pisum* sauvages et certaines Vesces apparentées ont des graines amylacées, et la teinte dominante des enveloppes (maternelles) est le pourpre ou le brun piqueté de pourpre; et ces plantes sont sinon vivaces, mais d'une plus longue durée de végétation. J'en ai une démonstration très nette depuis 20 ans avec le Maïs; deux lignées, régulièrement cultivées en voisinage pour éviter la dégénérescence, du *Zea Mays polysperma* donnent des plantes toujours à grains blanc jaunâtre lorsque le semis a lieu de grains de cette teinte, alors que les grains rouges donnent en proportion variable des plantes toutes à grains rouges ou toutes à grains blancs, et dans tous les cas les plantes donnant des épis rouges sont plus vigoureuses et à maturation plus tardive que les plantes à épis blancs, quoique provenant de la même mère. Cette constatation se précise dans les altérations provoquées par l'action de la colchicine signalée récemment ([2]); toutes les plantes ayant mûri leurs graines en moins de deux mois de végétation donnent des épis blanc jaunâtre.

C'est encore ce que l'on constate chez les Giroflées. *Matthiola incana* est manifestement voisine de l'ancêtre sauvage, à grande ère d'extension méditerranéenne, dont est née vers 1850, en Angleterre, dans les Flandres et en France, la prétendue espèce *M. annua* à végétation singulièrement plus rapide et aussi plus condensée, et cette particularité (diastasique) s'accentue encore lorsque l'on compare la vitalité et le comportement des races à fleurs doubles de *Matthiola incana* R. Br. (d'abord obtenues bien avant le XVIe siècle, *Leucoium incanum* de C. Bauhin) à la vitalité diminuée et à la floraison compacte, presque semestrielle de *M. annua* Sweet. Constatons d'ailleurs que les botanistes systématiciens n'ont pas hésité à faire deux bonnes expèces légitimes des plantes cultivées, en raison même des différences très accusées que présentent les organes végétatifs et leur lignification.

Bien plus nette est la qualité diastasique de l'évolution sexuelle, telle que la présentent le Chanvre et le Houblon, et le commerce, comme la culture de ces plantes industrielles, repose uniquement sur la nature et la quantité de lignine développée en rapport avec la sexualité; j'ai donné sur ces relations des suggestions précises ([3]) et elles apparaissaient clairement dans

([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 267.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **76**, 1913, p. 855; *Bull. Soc. Bot. France*, **72**, 1925, pp. 341-350, 2 fig. et 1 pl.

la Thèse de doctorat de Tournois ([4]), dont les expériences ont été brusquement interrompues par la guerre de 1914 et la mort au Champ d'honneur de ce brillant officier. Je passe rapidement sur les phénomènes de Xénie observés chez les Céréales et j'ai montré, en obtenant le premier hybride fertile de *Triticum Monococcum* ([5]) (1911) et l'état infantile des embryons de certains hybrides de Blé Poulard et de Seigle, que la spéciéïté des Blés était aussi nette sur les hybrides accidentels obtenus que, sur les coupes des chaumes, la disposition des vascularisations et des cellules sclérifiées. L'objet le plus précis de mes études à cette époque a été le Lin, cultivé pour la fibre, combiné par hybridation avec des prototypes sauvages vivaces (1924-1926) : *L. angustifolium* et une forme hindoue à graines blanches d'où j'obtins des lignées à graines panachées qui ont conservé cette anomalie héréditaire jusqu'à ce jour.

On a beaucoup moins d'exemples d'altération des tissus maternels par l'action directe du pollen. Les Orchidées, qui en présentent de nombreux cas, sont des plantes à fleurs irrégulières dans leur développement, et les altérations supposées des Raisins blancs par le pollen de cépages à Raisins noirs sont plutôt rares et irrégulières, comme dans le cas des Pois étudiés par Darwin. J'en ai obtenu un exemple tout à fait remarquable avec le Tournesol et je m'arrêterai à l'étude de cette plante cultivée, qui est, elle aussi, une espèce infantile annuelle dans la série des espèces d'*Helianthus* en majorité vivaces.

Or, dans les séparations de lignées que je poursuis depuis 1940 dans la descendance d'un seul individu, semé à Angers fin juillet 1940, dont les graines ont été récoltées en décembre de la même année, j'ai obtenu diverses anomalies, dont des lignées à akènes doubles et, en plus, actuellement des individus qui présentent dès la germination, tantôt des radicules parfaitement incolores, tantôt des radicules portant des anneaux pourpres très nets; l'hérédité n'est pas douteuse, mais elle se présente, comme la couleur des grains de l'Avoine de Nilsson Ehle, avec des variations telles qu'il faut admettre l'hypothèse de facteurs multiples plus ou moins indépendants. Ma conviction est au contraire qu'il s'agit d'actions graduées diastasiques, qui d'ailleurs ne se produisent pas nécessairement aux mêmes phases et aux mêmes étapes de la migration des réserves dans les plantes. Je signale ici, pour en donner des preuves détaillées ailleurs, que les caractères qui suivent de quelques jours (3 ou 4 au plus) d'anneaux

([4]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9e série, 19, 1914, pp. 49-191.

([5]) *Bull. Soc. Bot. France*, 60, 1913, pp. 187-193 et 1 fig.; *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 220.

([6]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 4, 1943, pp. 103-118 et 1 pl. color.; *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 237.

rouges radiculaires, paraissent être des caractères analogues à ceux qui ont retenu l'attention de Ch. Darwin dans l'activité graduée des graines de Pois d'une même gousse pour le pigment anthocyanine; que ces marques sont bien des caractères de variétés, totalement différentes des pigmentations rouges ou brunes, beaucoup plus fréquentes, qui affectent les tiges, ou les fleurons ou les graines des variétés cultivées du Tournesol.

GÉOLOGIE. — *L'épisode du dépôt des argiles smectiques de l'Afrique du Nord.* Note (1) de M. **Jacques de Lapparent.**

Les argiles smectiques sont abondamment répandues en certains points d'Afrique du Nord. Elles ont été l'objet d'actives exploitations tant en Algérie, au voisinage de Lalla Marnia, à proximité de la frontière marocaine, qu'au Maroc même dans les terrains riverains de l'Oued Za, affluent de droite de la Moulouya, et dans les Garas dominantes.

Ces argiles, qui, étant donnée leur origine (matériel volcanique vitreux), ressortissent à la catégorie des bentonites au sens pétrographique du terme, sont intercalées dans les terrains miocènes.

Dans la région de Lalla Marnia on les trouve parfois en amas puissants qui s'appuient sur des culots de laves rhyolitiques. A partir de ces culots elles se résolvent en couches qui arrivent à se développer sur de grandes étendues. Contre les culots rhyolitiques et à quelque distance de ceux-ci elles reposent sur des gravats à stratifications entrecroisées, qui forment de la sorte leur *mur*, et l'on peut déterminer qu'elles ne sont elles-mêmes que le résultat de la transformation de gravats, les matériaux de ces derniers étant précisément la même matière volcanique que celle à partir de laquelle, par production de montmorillonite ou du mélange de ce minéral avec la kaolinite, les bentonites ont pris naissance.

Dans le pays au Nord de Turenne, à l'Est de Lalla Marnia, le Miocène forme un plateau surbaissé qu'entament en vives entailles des oueds et des chabets, affluents de droite de la Tafna. On voit précisément dans ces entailles que deux niveaux principaux d'argiles smectiques se sont formés. Ils ont l'un et l'autre une puissance de 4 à 5 mètres, étant séparés l'un de l'autre par 25 mètres d'argiles impures où se trouvent seulement des passées smectiques. Ces deux niveaux ont une architecture assez constante qui montre à leur base, c'est-à-dire à leur mur, des matériaux originellement plus grossiers que dans leur masse; le mur fait ainsi figure de microbrèche, laquelle n'est que l'aboutissement lointain des brèches à gros éléments qui forment les amas directement appuyés sur les culots rhyolitiques.

Un phénomène de sédimentation a donc permis que s'étalassent les débris qui se formaient par désagrégation directe des vestiges d'anciens volcans rhyolitiques. Des courants d'eau ont évidemment présidé au phénomène et ont eu pour effet le mélange de galets issus de roches loin-

(1) Séance du 6 août 1945.

taines aux éléments smectitisés. Mais la transformation en smectite ne s'est produite qu'à partir d'un certain niveau (de l'ordre de 330^m en altitude) au-dessous duquel le matériel pyroclastique originel est intact.

Dans le tréfonds du plateau de Turenne on trouve les restes d'émissions volcaniques de caractère basique (basaltes et andésites) sur lesquels se sont déposés ce que Louis Gentil a nommé des *tufs rhyolitiques*. Ce sont des gravats relativement fins. Très blancs, ils font contraste avec les roches noires ou rouges sur lesquelles ils reposent. On voit en partant de leur base qu'ils ont été transformés en smectite, encore à partir d'un certain niveau, leur transformation s'étant faite de plus en plus forte vers le toit puis ayant peu à peu cessé.

Les passées smectiques qui chargent les argiles impures, dont la masse sépare les deux niveaux principaux, comprennent avec assez de constance une couche dont l'épaisseur n'excède guère 60^{cm} et qui frappe par sa couleur tantôt chocolat, tantôt violacée. Comme les argiles smectiques habituelles de la région, elle est fréquemment chargée de petites paillettes de mica biotite. Or on trouve à la même hauteur, et lui correspondant exactement, les vestiges d'une coulée andésitique de couleur semblable.

Ainsi peut-on, sur la base de ces observations, écrire l'histoire des argiles smectiques de la région comme il suit.

Des volcans rhyolitiques, dont les produits ont traversé les marnes verdâtres qu'on rapporte maintenant à l'Helvétien, ont accumulé sur leurs flancs une masse de matériaux grossiers ou pulvérisés, qu'un phénomène érosif entraîne et qui se déposent sur une aire d'épandage, marquant le jeu de courants plus ou moins violents. Durant le temps de cet épandage, *à un certain moment*, la transformation en smectite des matériaux déposés commence. Or une activité volcanique andésitique avait fait suite aux émissions rhyolitiques. L'épandage des tufs rhyolitiques continua à se faire durant l'émission des matériaux andésitiques, mais ceux de ces derniers qui furent pulvérisés, formant débris ponceux ou fines particules vitreuses, puis sédimentés en dépôts pyroclastiques, n'échappèrent pas à la transformation en smectite. Toute activité volcanique cessa dans le district considéré, cependant que continuait l'épandage des tufs rhyolitiques, dont le matériel originel devait être abondant; aussi bien ces mêmes tufs plus ou moins transformés en smectite recouvrent-ils les vestiges érodés des volcans andésitiques.

On remarque que plus les courants furent intenses, moins la transformation en smectite se produisit : cette dernière ne trouvait de conditions favorables à sa production que sous le régime d'une sédimentation calme. Nous avons dit d'autre part [2] que c'est en eaux salées magnésiennes que devaient s'épandre les matériaux vitreux pour que, par dévitrification, un verre pût être transformé en montmorillonite.

La pénétration d'eaux salées magnésiennes dans les dépôts pyro-

---

(2) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 553.

clastiques en question fut quasi contemporaine de la formation de ceux-ci. L'imbibition fut plus ou moins forte et, là où les eaux magnésiennes manquèrent, le dépôt pyroclastique resta intact, réduit à sa simple condition de gravats volcaniques. Mais la smectite elle-même ne se forma que là où il y eut les éléments vitreux susceptibles de se muer en montmorillonite; de sorte que le *moment* des eaux salées magnésiennes pouvait se prolonger sans qu'apparussent de smectites si le matériel sédimenté n'était pas volcanique.

Les culots rhyolitiques eux-mêmes ont été parfois pénétrés par les eaux magnésiennes et se sont alors, par places, transformés directement en argiles smectiques. Étant de caractères pétrographiques différents sur leurs bords et en leur centre, ils ont réagi différemment à la dévitrification. Les bords, essentiellement obsidienniques et par là-même très vitreux, ont pu se dévitrifier largement; le centre, soumis parfois pendant le temps de l'émission de la lave à des actions pneumatolytiques intenses qui en ont fait cristalliser le verre originel, n'a eu que peu de matière à dévitrifier. Mais si de telles cristallisations ne s'étaient pas produites, toute la matière eût pu devenir smectique. Ainsi trouve-t-on les vestiges de culots rhyolitiques assez uniformément transformés. Cependant la transformation ne dépasse pas en profondeur le niveau même où les gravats ont commencé à devenir des smectites.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Section d'hydrologie scientifique. Commission du Bassin de la Seine. Cahier n° 5 : *Quelques compléments à la Météorologie de Paris,* par Paulette Bachellerie, Nikita et Vladimir Frolow, Aimée Péreau et Jacques Valla.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *La notion d'uniformité et les écarts abstraits.* Note de M. **Maurice Fréchet**.

En introduisant en 1905 (sous un autre nom) la notion de distance numérique de deux points abstraits, nous avons réussi à étendre à de nombreux espaces fonctionnels importants en Analyse la plupart des propriétés topologiques les plus utiles des espaces euclidiens. Comme cette notion de distance paraissait un élément numérique étranger aux notions purement topologiques, on a essayé, depuis, de s'en débarrasser de diverses manières. La plus simple à notre avis, et la plus intuitive, consiste à considérer un espace distanciable comme un espace ($\mathcal{V}$) où le voisinage est défini de façon à satisfaire aux conditions suivantes : parmi les familles équivalentes de voisinages qui définissent la topologie en un point a, d'ailleurs quelconque, de cet espace, il en est une : 1° qui forme

une suite monotone (de deux voisinages de a, l'un des deux contient l'autre); 2° qui est dénombrable. De plus, 3° quand deux points sont infiniment voisins d'un troisième, ils sont infiniment voisins l'un de l'autre (1).

Il faut d'ailleurs observer que, même en restant sur le terrain topologique, la définition des espaces distanciables par une distance numérique conserve le triple avantage : d'être plus simple en soi, de fournir des démonstrations plus simples, enfin d'être une généralisation plus immédiate et intuitive des espaces euclidiens et en conséquence de fournir des démonstrations plus semblables à celles que nous connaissions déjà.

En outre, la notion d'écart et l'inégalité triangulaire, fondement de la notion de distance, ont en propre, en dehors de leur utilisation topologique, un intérêt métrique qui a été bien mis en lumière par la *Géométrie métrique dans les espaces abstraits* développée par K. Menger.

La notion de distance avait enfin l'avantage de se prêter immédiatement à l'extension, aux espaces abstraits, de la notion d'uniformité de la continuité d'une fonction ou d'une transformation.

D'ailleurs, de même que nous ne nous sommes pas borné, pour définir une topologie, à la notion de convergence d'une suite dénombrable [puisque, dès 1915, nous avons considéré l'espace ($\mathcal{V}$) où la notion de point d'accumulation ne s'exprime plus nécessairement par celle de suite convergente], de même nous avons cherché autrefois à étendre la notion d'uniformité d'une fonction de façon à ne pas la faire dépendre de la notion de distance. On peut d'abord y arriver au moyen de la notion plus générale d'écart numérique (de deux points abstraits) ne vérifiant plus nécessairement l'inégalité triangulaire. Mais, si l'on peut encore définir la continuité uniforme de la façon habituelle, il est plus difficile d'y étendre les démonstrations ou les énoncés connus des propriétés de cette sorte de continuité.

Par contre, nous avions montré qu'on peut étendre à un espace ($\mathcal{V}$) quelconque la proposition fondamentale : toute fonctionnelle numérique, continue sur un ensemble parfaitement compact en soi, est uniformément continue sur E, si l'on adopte la définition suivante : une fonctionnelle numérique, définie sur un ensemble parfaitement compact en soi, y est dite uniformément continue si, pour tout nombre $\varepsilon > 0$, il existe un nombre fini d'ensembles couvrant E et à l'intérieur de chacun desquels l'oscillation de cette fonction est inférieure à ε. Cette définition est équivalente à la définition classique quand E, toujours supposé parfaitement compact en soi, appartient à un espace euclidien ou même à un espace distancié.

On voit qu'au point de vue de l'uniformité des fonctions, il ne reste à traiter que le ca où elle est définie sur un ensemble non parfaitement compact en soi.

Nous avons maintenant réussi à étendre considérablement le champ de validité des propriétés des espaces (numériquement) distanciables et en particulier de la continuité uniforme dans ces espaces, en utilisant une distance abstraite (2) et un écart abstrait.

Pour caractériser les espaces où la topologie peut être définie au moyen

(1) Cette condition, exprimée sous forme intuitive, peut être précisée de façons diverses entre lesquelles il y a lieu de choisir.

(2) Une définition de la distance abstraite équivalente à la nôtre a été déjà donnée par G. Kurepa (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2053); mais, à notre connaissance, ni lui, ni nous-même à cette époque, ni aucun autre auteur n'avait songé à montrer, par des énoncés précis, combien elle se prête à la généralisation de nombreuses propriétés classiques des espaces pourvus d'une distance numérique.

d'une distance abstraite, il suffit de les définir par le moyen de familles de voisinages satisfaisant seulement aux conditions 1° et 3° ci-dessus [3]. Les espaces où la topologie est définie par un écart abstrait sont ceux où la seule condition imposée à l'une des familles équivalentes de voisinages d'un point est la condition 1°.

Par des raisonnements calqués (et c'est là un des avantages de la notion de distance abstraite), mais avec les précautions nécessaires, sur les raisonnements dans les espaces euclidiens, on peut alors énoncer et démontrer un grand nombre de propriétés, dont nous nous contenterons de donner les suivantes à titre d'exemple :

Dans un espace abstraitement distanciable $(\mathcal{D}_a)$, si un ensemble E est compact (séparable), alors, pour toute distance abstraite donnée ξ non nulle, E est décomposable en un nombre *fini* (une suite dénombrable) de sous-ensembles dont les diamètres abstraits sont inférieurs à ξ.

Soit $x_1 = T_x$ une transformation continue d'un ensemble E de $\mathcal{D}_a$, en un ensemble E_1 appartenant à un espace abstraitement distanciable; si E est parfaitement compact en soi, cette transformation est en outre *uniformément continue* (au sens classique, mais adapté à une distance abstraite).

Dans un espace $(\mathcal{E}_a)$ où la topologie est définie au moyen d'un écart abstrait, appelons ensemble *complet* (en soi) un ensemble C jouissant de la propriété suivante : soit σ une suite monotone de sous-ensembles e de C pour lesquels, quel que soit l'écart abstrait ξ non nul, il y ait un ensemble e de σ dont le diamètre abstrait est inférieur à ξ, alors il existe un point a (de C) commun aux ensembles e de σ ou commun à leurs dérivées e'.

Ceci étant, soit $x_1 = T_x$ une transformation d'un ensemble D partout dense sur un ensemble E $(E = \overline{D})$ d'un espace $\mathcal{D}_a$ en un ensemble D_1 d'un espace également pourvu d'une distance abstraite : si D_1 est complet et si T_x est uniformément continu sur D, il existe une transformation et une seule, continue sur E et prolongeant T_x de D sur E; cette transformation sera alors, de surcroît, uniformément continue sur E.

Appelons homéomorphie *uniforme* toute homéomorphie, h, entre deux ensembles D, D_1 (appartenant à deux espaces pourvus chacun d'une distance abstraite), qui est une transformation uniformément continue de D en D_1 et de D_1 en D. Si D, D_1 sont complets et denses respectivement sur les ensembles E, E_1 des mêmes espaces, il existe une homéomorphie et une seule entre E et E_1 qui prolonge l'homéormorphie h et cette homéormorphie est uniforme.

Tout espace dont la topologie est définie par l'intermédiaire d'une distance abstraite est accessible et complètement régulier.

---

(3) Comme ci-dessus, nous supposons une interprétation déterminée de cette condition intuitive 3°.

Pour abréger, nous nous sommes contenté dans ce qui précède de laisser à certaines notions les sens intuitifs que les noms adoptés suggèrent.

Des précisions sur les définitions ci-dessus et les démonstrations des propriétés énoncées ici et de quelques autres paraîtront dans un autre Recueil. Plusieurs de nos propositions sont parallèles aux théorèmes démontrés antérieurement par André Weil dans les espaces qu'il a appelés uniformes. Ainsi, pour quelques-uns de nos énoncés et de nos démonstrations, leur intérêt consiste essentiellement dans la possibilité qu'ils offrent, et qui sera sûrement appréciée, d'éviter le recours à des notions (telles que celle d'espace-produit) dont la considération est inutile dans le cas des espaces euclidiens.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La diffusion des gènes dans une population mendélienne.* Note [1] de M. **Gustave Malécot**, transmise par M. Émile Borel.

Poursuivons l'étude [2] de la répartition asymptotique des gènes mendéliens, en tenant compte des *mutations* et de la *sélection* par le schéma suivant : pour un couple de gènes allélomorphes A et a, les fréquences respectives des trois génotypes AA, Aa, aa, à la naissance, dans une génération F_0, sont :

$$R = q^2 + fpq, \qquad 2Q = 2pq - 2fpq, \qquad P = p^2 + fpq,$$

si $q = R + Q$ et $p = Q + P$ désignent les fréquences des gènes A et $a (q + p = 1)$; f est le coefficient de *consanguinité* ou d'*homogamie* de la génération précédente [3]. Mais les trois génotypes ont des chances différentes de parvenir à l'état adulte, et leurs fréquences deviennent alors proportionnelles à $R(1-s)$, $2Q(1-hs)$, P ; s, h étant deux constantes caractérisant la *sélection des génotypes*. En outre la fréquence des gamètes A qu'ils produisent est modifiée par les *mutations récurrentes* transformant en a une fraction u des gènes A, et en A une fraction v des gènes a.

La fréquence q_1 de A, à la naissance, dans la génération suivante F_1, est donc

$$q_1 = \frac{R(1-s) + Q(1-hs)}{R(1-s) + 2Q(1-hs) + P} - uq + v(1-q),$$

d'où, si s est petit,

$$(1) \quad \delta(q) = q_1 - q \# - uq + v(1-q) + q(1-q)s(1-f)\left[(2h-1)q - h - \frac{f}{1-f}\right].$$

Si la population était infiniment nombreuse, q tendrait au cours du temps vers une valeur d'équilibre, donnée par l'équation $\delta(q) = 0$, qui a toujours entre 0 et 1, une ou trois solutions, l'équilibre étant stable pour la solution unique ou pour les deux solutions extrêmes.

---

(1) Séance du 10 septembre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 379.

(3) *Ibid.*, **215**, 1942, p. 313; *Annales Fac. Sc. Lyon*, 1944, p. 61.

Pour une population limitée et constante de N individus, il y aura des fluctuations. Si l'on admet [1] que les 2N gamètes donnant naissance à F_1 sont tirées au sort parmi un nombre beaucoup plus grand de gamètres produites par F_0, un gène de fréquence donnée q donnera à la génération suivante une fréquence aléatoire q_1 dont la loi de probalilité sera la loi binomiale

$$\theta(q+\delta,\, q_1) = C_{2N}^{2Nq_1}(q+\delta)^{2Nq_1}(1-q-\delta)^{2N-2Nq_1}, \tag{2}$$

δ étant la fonction de q définie par (1). $q+\delta$ est toujours compris entre 0 et 1, même si $q=0$ ou $q=1$, donc θ est toujours >0, et il résulte de la théorie des chaînes que la loi de probabilité de la fréquence q_n dans la génération F_n tend quand $n \to \infty$ vers une loi limite indépendante de la valeur initiale de q.

Cherchons cette loi limite en l'assimilant à une loi continue $\varphi(q)dq$ de moments M_i forcément finis $\left(M_0 = \int_0^1 \varphi(q)dq = 1\right)$. Elle doit évidemment satisfaire à

$$\int_0^1 \mu_i(q+\delta)\varphi(q)\,dq = \int_0^1 q^i\varphi(q)\,dq. \tag{3}$$

Les $\mu_i(q+\delta)$ étant les moments de la loi (2) donnée par

$$\mu_i(q) = q^i + \frac{i(i-1)}{4N}(q^{i-1}-q^i) + o\left(\frac{1}{N^2}\right),$$

donc

$$\mu_i(q+\delta) = \mu_i(q) + \delta\,\mu_i'(q) + o(\delta^2).$$

En écrivant $\delta(q) = \sum_{l\geq 0} A_l q^l$, l'équation (3) devient, si l'on n'y néglige les termes en $1/N^2$, en δ^2, et en δ/N,

$$\frac{i-1}{4N}(M_{i-1}-M_i) + \sum_{l\geq 0} A_l M_{i-1+l} = 0. \tag{4}$$

En multipliant (4) par $t^{i-1}/(i-1)!$, et sommant depuis $i=1$ jusqu'à ∞, on trouve pour la transformée de Laplace $F(t) = \int_0^1 e^{tq}\varphi(q)dq = \sum M_i \frac{t^i}{i!}$ (toujours définie) l'équation différentielle

$$\frac{t}{4N}[F'(t) - F''(t)] + \sum_{l\geq 0} A_l F^{(l)}(t) = 0, \tag{5}$$

d'où

$$-\frac{1}{4N}\{[q\varphi(q)]' - [q^2\varphi(q)]'\} + \delta(q)\varphi(q) = 0, \tag{6}$$

si $q(1-q)\varphi(q) = 0$ pour $q=0$ et $q=1$ (car le premier membre de (6), supposé continu, a alors pour transformée de Laplace le premier membre

de (5) et doit donc être $\equiv 0$). D'où

$$\varphi(q) = \mathrm{K} \exp \left\{ \int_0^1 \frac{4\mathrm{N}\,\delta(q) + 2q - 1}{q(1-q)}\, dq \right\}, \tag{7}$$

la constante k étant telle que l'intégrale de $\varphi(q)$ soit égale à 1. Ce résultat est valable pour tout polynome $\delta(q)$, à condition que $\delta(0) > 0$ et $\delta(1) < 0$ et que δ^2 puisse être négligé. Pour la fonction $\delta(q)$ donnée par (1), on a

$$\varphi(q) = \mathrm{K} q^{4\mathrm{N}v-1} (1-q)^{4\mathrm{N}u-1} e^{4\mathrm{N}s(1-f)\left[\left(h-\frac{1}{2}\right)q^1 - hq - \frac{fq}{(1-f)}\right]}. \tag{8}$$

Cette formule a été pressentie par S. Wright [comme résumant de nombreux cas particuliers étudiés par lui et R. A. Fisher (4)], mais sans démonstration valable (il se borne à en vérifier la constance des deux premiers moments, propriété que partagent une infinité de lois).

Plus généralement, la même méthode démontre aisément que :

Si une grandeur x comprise dans un intervalle $a \ldots b (a < b)$ se diffuse par des sauts aléatoires, chaque saut étant régi par une loi de Gauss de moyenne $x + \delta(x)$ et de fluctuation $w(x)$, $\delta(x)$ et $w(x)$ étant des polynomes de carrés négligeables, avec $\delta(a) > 0$, $\delta(b) < 0$ et $w(x) \geqq 0$ et ne s'annulant qu'aux bornes, x a une répartition asymptotique $\varphi(x)\,dx$ donnée par

$$\varphi(x) = \frac{\mathrm{K}}{w(x)} e^{2\int \frac{\delta(x)}{w(x)} dx}.$$

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le calcul des hélices ventilateurs.* Note (1) de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

I. Les résultats que nous avons obtenus sur les corrections de parois dans les essais d'hélices (2) peuvent être étendus, par un passage à la limite dans lequel on fait tendre vers zéro le jeu entre les bouts de pale et les parois de la soufflerie, au cas des hélices ventilateurs; on constate aisément sur les expressions que nous avons données pour le potentiel des tourbillons libres que les émissions tourbillonnaires marginales (ou les émissions centrales, si l'on considère un raccordement direct des pieds de pales sur un capotage moyeu cylindrique) disparaissent au contact des parois; c'est d'ailleurs ce que l'on admet dans la théorie habituelle, où la circu-

(4) *Genetisc*, **16**, 1931, p. 97; *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **23**, 1937, p. 307 et **24**, 1938, p. 253; *Actualités scientifiques*, **802**, 1939, Paris; R. A. Fisher, *Proc. R. S. Edinburgh*, **42**, 1922, p. 321; **50**, 1930, p. 205; *The Genetical Theory of. Nat. Selection*, Oxford, (Clarendon).

(1) Séance du 10 septembre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945 p. 284.

lation est constante en envergure, sans émission tourbillonnaire. Mais il est clair qu'on peut considérer des distributions quelconques de circulation, ne s'annulant pas en général aux extrémités de pale, et satisfaisant à la condition de conservation du débit de la veine à la traversée de l'hélice : ces distributions se présentent pour les ventilateurs à tous les régimes de fonctionnement différents de celui d'adaptation, pour lequel on réalise en général une répartition constante; leur étude, qui ne semble pas avoir été abordée jusqu'ici, peut pratiquement être faite au moyen du *calculateur d'hélices*, dans lequel on dispose des parois isolantes figuratives du capotage et de la paroi de la soufflerie. Un calcul que nous avons déjà indiqué permet de constater que le potentiel des tourbillons libres à l'infini aval de la veine de rayon 1 limitée par le capotage de rayon ξ_0 est de la forme

$$\varphi(\xi, \theta, z) = f(\xi, \zeta) - \frac{2}{1-\xi_0^2}\frac{z}{\pi\lambda}\int_{\xi_0}^{1}\rho\Gamma(\rho)\,d\rho = f(\xi, \zeta) - \frac{p\overline{\Gamma}}{\pi\lambda}z,$$

et que l'angle induit dans la section de rayon ξ s'exprime en fonction du potentiel électrique f du bassin par la formule

$$\delta i = -\frac{1}{2\lambda}\frac{df}{dn} - \frac{p\overline{\Gamma}}{2\pi\lambda}\frac{\xi}{\lambda^2+\xi^2},$$

ce qui permet d'obtenir la solution $\Gamma(\xi)$ correspondant à une valeur quelconque du fonctionnement λ par approximations successives (voir ma Note précédente).

II. Cette méthode peut être généralisée en tenant compte de l'interaction des différentes pales dans l'écoulement autour de l'une d'elles (effet de grille), d'où son application au calcul des soufflantes axiales. Considérons d'abord le cas où la distribution de circulation est constante en envergure : les résultats sur les grilles planes sont directement applicables sous la forme que nous leur avons donnée ([3]) si l'on admet que l'écoulement autour des profils situés au rayon ξ est le même que celui à travers une grille plane d'équidistance relative $\varepsilon = (2\pi\xi)/(pt)$; j'admets en plus que l'angle induit (dû ici uniquement à l'effet du tourbillon moyeu) défléchit la vitesse d'attaque du profil, modifiant ainsi son incidence. A partir des expressions données pour les efforts sur un des profils d'une grille, on obtient par intégration les coefficients globaux

$$C_Q = \lambda\Delta(1-\xi_0^2) + \frac{\lambda\Delta^2}{4\pi}\log\frac{\lambda^2+1}{\lambda^2+\xi_0^2} + \frac{2}{3}f\Delta(1-\xi_0^3),$$

$$C_T = \Delta(1-\xi_0^2) - \frac{\Delta^2}{4\pi}\log\frac{\lambda^2+1}{\lambda^2+\xi_0^2} - 2f\Delta(1-\xi_0),$$

où $\Delta = p\Gamma$, et f désigne la finesse aérodynamique du profil.

([3]) L. MALAVARD et R. SIESTRUNCK, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 810.

Les données d'adaptation (λ et C_Q) permettent ainsi de calculer Δ et C_T; pour déterminer ensuite les caractéristiques géométriques du ventilateur, nous supposerons connaître le réseau $M_0(\varepsilon, \omega)$ caractéristique du comportement en grille du profil choisi. Nous étant donné par exemple une incidence effective α_0 à réaliser, nous en déduirons le calage $\alpha^\star$ de l'axe de portance nulle sur l'axe de l'hélice par la relation $\alpha^\star = \operatorname{arctg} \xi/\lambda - \alpha_0 - \delta i$, où δi a l'expression simple $p\Gamma\lambda/[4\pi\xi(\lambda^2 + \xi^2)]$; puis, de l'équation qui exprime que la circulation autour de chaque profil est Γ, on déduit

$$M_0P = r(\xi) = \frac{4\pi K\xi\sqrt{\lambda^2+\xi^2}}{\Delta}\alpha_0;$$

K étant un coefficient de réduction analogue à celui de Prandtl pour passer de l'allongement infini théorique aux caractéristiques pratiques; r et $\alpha^\star$ sont les coordonnées polaires d'un point M_0, et les deux valeurs ε et ω définies par ce point donnent, l'une le calage $\omega(\xi)$ à donner à la corde, l'autre la corde $t(\xi)$ à adopter, par la relation $t = (2\pi\xi)/(p\varepsilon)$.

III. Le comportement du ventilateur au fonctionnement différent de celui d'adaptation s'obtiendra au calculateur d'hélices comme dans le cas I, mais l'équation qui exprime le fonctionnement aérodynamique, au lieu d'être la traduction du théorème de Joukowski pour un profil isolé, se déduit de la théorie des grilles; elle prend la forme

$$2f = \frac{4\pi K\xi\sqrt{\lambda^2+\xi^2}}{p\,r(\xi)}\left[\operatorname{Arc\,tang}\frac{\xi}{\lambda} - \alpha^\star(\xi) - \delta i\right],$$

dans laquelle δi s'exprime comme il a été dit en fonctions de df/dn. Par conséquent, la condition à réaliser sur la pale est toujours du même type que dans le cas de l'hélice, et le calculateur d'hélices est utilisable sans modification; seules changent par rapport à I les valeurs des résistances et des potentiels auxiliaires $\bar{\varphi}$.

Remarquons que, dans tous les cas, la résolution de l'équation du fonctionnement fournit, en même temps que Γ, la loi des angles induits et que la déflexion en arrière du ventilateur s'en déduira par les constructions simples que nous avons données sur les grilles; on a donc tous les éléments nécessaires au calcul d'un redresseur ou du deuxième élément d'un système de coaxiales.

HYDRAULIQUE. — *Application de la méthode des différences finies au calcul des chambres d'équilibre déversantes à section constante.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons indiqué [2] comment la méthode des différences finies (méthode D. F.), permet le calcul des chambres d'équilibre déversantes. Dans

(1) Séance du 17 septembre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 581.

la présente Note nous montrons la précision des résultats ainsi obtenus, dans le cas d'une chambre déversante à section constante, pour des fermetures instantanées de Q_0 à zéro.

Nous appelons Q'_M le débit déversant maximum déterminé par la méthode D. F., Q_H la valeur par excès que l'on adopte généralement en pratique, égale au débit qui pénètre dans la chambre d'équilibre à l'instant où le plan d'eau atteint la cote H du seuil déversant, au-dessus du niveau statique.

1° *Cas où la perte de charge dans le canal d'amenée est négligeable.* — Le débit déversant est de la forme $\mu Z'^{3/2}$, Z' désignant la charge au-dessus du seuil.

Nous avons étudié trois exemples différents, pour lesquels $f = 10$ m²; $L = 4000$ m; $Q_0 = 25$ m³/s; $\mu = 6,34$:

	F.	H.	Q'_M.	Q_H.
1.	300 m²	0	21 m³/s	25 m³/s
2.	100	0	22,35	25
3.	100	4	18,9	23,40

Le débit Q_H n'étant susceptible d'aucune autre détermination théorique, et l'absence de toute perte de charge n'étant pas expérimentalement réalisable, ces premiers résultats, s'ils mettent en évidence la réduction obtenue dans l'évaluation du débit maximum déversant, ne permettent pas d'apprécier le degré d'exactitude de la méthode D. F.; nous allons voir que cette vérification a pu être effectuée par contre dans le cas où la perte de charge intervient.

2° *Cas où la perte de charge appréciable dans le canal d'amenée n'est pas négligeable.* — Nous avons pu utiliser les résultats d'expériences que nous avons réalisées sur un modèle de chambre d'équilibre déversante, correspondant aux données suivantes :

F.	f.	H.	L.	μ.
0,0314 m²	0,00282	0m	5,74	0,216

Le calcul du débit maximum déversant Q_H a été fait en déterminant la variation de Z, entre les cotes $-P_{W_0}$ et zéro, par la méthode classique, puis, au-dessus du seuil déversant, par la méthode D. F. Les valeurs obtenues sont comparées à celles Q'_e que l'expérience a fournies et aux valeurs habituellement retenues en pratique Q_H. Le tableau ci-dessous rassemble les résultats relatifs aux 5 expériences étudiées.

Q_0 l/s.	P_{W_0} cm.	Q'_M l/s.	Q'_e l/s.	Q_H l/s.
3,2	25,34	1,42	1,46	2,18
2,85	20,45	1,32	1,375	2,03
2,37	13,6	1,21	1,245	1,883
1,98	9,85	1,09	1,130	1,665
1,485	5,78	0,889	0,925	1,330

Ce tableau montre que la méthode D. F. donne des résultats d'une bonne

approximation, alors que les valeurs retenues en pratique correspondent à des erreurs par excès considérables.

3° *Importance du rôle joué par la perte de charge.* — Ayant ainsi montré l'exactitude des résultats fournis par l'application aux chambres déversantes de la méthode D. F., nous avons voulu utiliser celle-ci pour nous rendre compte de l'importance de la réduction du débit déversant provoquée par la perte de charge; dans ce but, nous avons repris, par la méthode D. F., l'étude du premier exemple envisagé en l'absence de pertes de charge, au début de cette Note, en supposant maintenant l'existence d'une perte de charge $P_{W_0} = 6^m$. On obtient ainsi les valeurs suivantes :

$Q'_M = 11,16\ m^3/s$,	avec	$P_{W_0} = 6^m$,	contre	$Q'_M = 21\ m^3/s$,	avec $P_{W_0} = 0$,
$Q_H = 16,5$		$P_{W_0} = 6^m$,		$Q_H = 25$	$P_{W_0} = 0$.

Ces résultats montrent l'importance des erreurs par excès qui peuvent être commises lorsque le calcul néglige les pertes de charge.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la perturbation d'un problème de valeurs propres par modification de la frontière; cas des équations de la Mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **Robert Courtel**.

La méthode qui permet de calculer la perturbation du problème de valeurs propres posé par l'équation de Dirac [2] conduit, dans la notation usuelle à quatre composantes ψ_k ($k = 1, 2, 3, 4$), à l'équation :

$$\varepsilon = -i\hbar \int_{\Sigma_0} j_n(\varphi, \psi_0)\, d\sigma,$$

où $j_n(\varphi, \psi_0)$ désigne la composante suivant la normale extérieure à Σ_0 de la densité de flux mixte $\vec{j}$ formée sur les deux états φ, ψ_0.

Or, j_n peut s'écrire

$$\begin{aligned} j_n = -c\{ & \varphi_1^\star[(\alpha_0 + i\beta_0)\psi_4 + \gamma_0\psi_3] + \psi_1[(\alpha_0 - i\beta_0)\varphi_4^\star + \gamma_0\varphi_3^\star] \\ & + \varphi_2^\star[(\alpha_0 - i\beta_0)\psi_3 - \gamma_0\psi_4] + \psi_2[(\alpha_0 + i\beta_0)\varphi_3^\star - \gamma_0\varphi_4^\star]\}, \end{aligned}$$

α_0, β_0, γ_0 cosinus directeurs de la normale à Σ_0.

Sur cette expression et celle qui s'en déduit en ordonnant par rapport à $\varphi_3^\star$, ψ_3, $\varphi_4^\star$, ψ_4, on aperçoit aussitôt 6 groupes de conditions aux limites qui, tout en assurant l'hermiticité de l'opérateur K_0 [la relation

$$0 = \int_{D_0} \sum_1^4 (u_k K_0^\star v_k - v_k K_0 u_k)\, d\tau$$

(1) Séance du 11 juin 1945.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 311.

est vérifiée pour tout couple de fonctions u, v à quatre composantes y satisfaisant], permettent de calculer ε à partir de l'expression trouvée plus haut pour $(A_0^\star\varphi^\star)_{\Sigma_0}$. Ce sont :

$$(\mathrm{II}_a) \qquad \psi_1=\psi_2=0;$$
$$(\mathrm{II}_b) \qquad \psi_3=\psi_4=0;$$
$$(\mathrm{II}_A) \qquad \psi_1=0, \quad \psi_3(\alpha_0-i\beta_0)-\gamma_0\psi_4=0;$$
$$(\mathrm{II}_B) \qquad \psi_2=0, \quad \psi_4(\alpha_0+i\beta_0)+\gamma_0\psi_3=0;$$
$$(\mathrm{II}_C) \qquad \psi_3=0, \quad \psi_1(\alpha_0-i\beta_0)-\gamma_0\psi_2=0;$$
$$(\mathrm{II}_D) \qquad \psi_4=0, \quad \psi_2(\alpha_0+i\beta_0)+\gamma_0\psi_1=0.$$

Les conditions (II_a) et (II_b), indépendantes de la direction de la normale à Σ_0, annulent sur la frontière les trois composantes des densités de courant $\vec{j}$ et de moment électrique $\vec{\pi}$, mais non la densité de présence ρ.

Les conditions $\mathrm{II}_{A,B,C,D}$ dépendent explicitement de la normale à Σ_0 et annulent sur la frontière les composantes j_n, π_n. On voit facilement [3] que ces quatre conditions traitent de façons différentes la répartition des densités $\vec{\sigma}$ de spin et $\vec{\mu}$ de moment magnétique sur Σ_0, en particulier aux points où $\gamma_0=0$ ou 1. Par exemple, pour un domaine sphérique et la condition A, à l'équateur $\psi_1=\psi_3=0$, $\sigma_1=\sigma_2=0$, mais $\sigma_3\leqq 0$; aux pôles, $\psi_1=\psi_4=0$, $\mu_1=\mu_2=0$, mais $\mu_3\leqq 0$; pour B, C, D, on trouve les trois autres façons possibles d'attribuer les deux symboles $\leqq 0$, $\geqq 0$ aux grandeurs σ_3 et μ_3. Il s'agit donc de 4 types distincts de structures partiellement polarisées, qui ne paraissent pas avoir été étudiées jusqu'ici de façon générale.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Sur la recherche de la force électromotrice des machines électrostatiques*. Note de M. **Pierre Jolivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

On connaît l'importance qui s'attache à la connaissance de la force électromotrice des machines électromagnétiques tant pour l'élaboration des projets que pour la conduite et l'explication du fonctionnement.

On sait que la force électromotrice E dans l'intervalle qui sépare deux pôles se déduit indirectement de la différence de potentiel U entre ces pôles par la connaissance supplémentaire d'une résistance R et d'une intensité I. Ce n'est que lorsque cette intensité est nulle que les deux grandeurs deviennent égales [1].

Dès 1929, H. Chaumat a montré que les chutes de tension internes ne

---

(3) Voir par exemple, dans L. de Broglie, *Une nouvelle théorie de la lumière*, 1, p. 110, les expressions explicites des 16 densités de valeurs moyennes associées à l'électron.

(1) P. Janet, *Leçons d'électrotechnique générale*, I, p. 66.

se produisaient pas dans les machines électrostatiques. Il importait de savoir ce qu'il advenait alors de la force électromotrice (²).

Les recherches entreprises à ce sujet me conduisent à dire que les machines statiques sont dépourvues de force électromotrice.

J'ai opéré avec des génératrices à influence à champ excitateur constant, si l'on dénomme ainsi le champ électrique siégeant, en regard du peigne, dans la couche gazeuse comprise entre inducteur et plateau isolant rotatif. Il peut en être ainsi lorsque l'armature inductrice, recouverte d'isolant, communique au peigne situé en face d'elle après un chargement préalable, par ionisation, de la surface externe de l'isolant inducteur (³).

Pour certaines de ces machines, à vitesse de rotation donnée du plateau, on peut trouver une constante R qui assure la constance du binome $RI + U$ lorsqu'on modifie le circuit extérieur d'absorption d'énergie depuis le court-circuit jusqu'aux effluves de grande longueur, I étant l'intensité du courant fourni par la génératrice sous la tension U.

Par conséquent, si la génératrice était pourvue d'une force électromotrice E, celle-ci devrait être constante et la puissance électrique, dissipée tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la génératrice, devrait égaler EI, de sorte que le couple résistant devrait, comme dans une dynamo à force électromotrice invariable, croître en même temps que I.

Or l'expérience montre que le couple résistant, notable lorsque U est élevé, diminue lorsque I augmente, tandis que U est diminué et même annulé lors des modifications apportées au circuit extérieur.

Cette contradiction montre que la notion de force électromotrice n'est pas applicable à la génératrice électrostatique.

Ainsi disparaît la nécessité théorique de l'existence de prétendues pertes internes dues à l'énormité de R, que l'on croyait pouvoir comparer à la résistance interne des machines électromagnétiques.

La négation de l'existence de la force électromotrice dans les machines statiques concorde ainsi avec les vues de H. Chaumat, et elle cesse d'être choquante si l'on remarque que la grandeur des hautes tensions obtenues résulte précisément de ce que la tension n'y est pas soumise à une cause interne de limitation, sauf la production d'effluves ou de décharges disruptives.

A champ excitateur constant, ce n'est pas la tension, c'est le débit qui est limité, mais qui doit nécessairement passer.

L'élément initialement calculable est la convection des charges sur le plateau, tandis que la tension en dépend, compte tenu de la résistance

(²) *Comptes rendus*, **188**, 1929, pp. 1232-1234.
(³) P. Jolivet, *ibid.*, **197**, 1933, p. 744.

opposée par le circuit externe, tension qui peut varier dans de grandes proportions sans pour cela entraîner de notables pertes de puissance en amont des pôles.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'identité des séries de potentiels et des formules de Liénard-Wiechert.* Note de M. **Émile Durand.**

Nous avons donné [1] les potentiels d'une charge unité en mouvement sous forme de développements en séries; la méthode, qui utilise uniquement les équations de Maxwell dans le vide, repose sur une conception ponctuelle des charges; les expressions obtenues ont l'avantage de ne faire intervenir que les coordonnées actuelles de la charge; nous avons pu montrer néanmoins qu'elles étaient équivalentes aux intégrales des potentiels retardés ou avancés; comme de ces intégrales on passe aux formules de Liénard-Wiechert, on pouvait prévoir que ces dernières étaient identiques à nos séries. C'est cette identité que nous nous proposons d'établir directement, sans passer par l'intégrale des potentiels retardés, et par conséquent sans faire appel aux équations microscopiques de Lorentz.

Auparavant, nous allons voir comment on peut calculer la distance rétardée r_τ en fonction des coordonnées x^u du point potentié et de $x^4 = ct$; on a $\tau = x^4 \pm r_\tau$; en développant en série de Taylor la distance retardée, on obtient [2]

$$(1)\qquad r_\tau = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} r_\tau^n [(\partial_\tau)^n r_\tau]_{x^4} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} r_\tau^n [(\partial_4)^n r_{x^4}]$$
$$= r + (\pm) r_\tau . \partial_4 r + \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} r_\tau^n (\partial_4)^n r.$$

Pour simplifier l'écriture on a écrit r au lieu de r_{x^4}; en isolant r dans le premier membre, il vient

$$r = [1 - (\pm)\,\partial_4 r] r_\tau - \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} r_\tau^n (\partial_4)^n r.$$

Posons

$$(2)\qquad \Delta = [1 - (\pm)\,\partial_4 r] = [1 \pm r^{-1} r_u \xi^u].$$

Si l'on tient compte de $(\partial_4)^{n-1}\Delta = -(\pm)(\partial_4)^n r$, on voit que l'on peut écrire

$$(3)\qquad r = \sum_{n=1}^{n=\infty} a_n r_\tau^n, \qquad \text{avec } a_n = \frac{(\pm 1)^{n-1}}{n!} (\partial_4)^{n-1} \Delta;$$

en inversant cette série, on obtient r_τ en fonction de x^u et de x^4.

---

(1) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 510-513; **219**, 1944, pp. 584-586.

(2) On écrit ∂_τ au lieu de $\frac{\partial}{\partial \tau}$; ∂_4 au lieu de $\frac{\partial}{\partial x^4}$ ou $\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}$.

Cherchons maintenant à établir les identités

$$(5)\qquad A^u = [(r\Delta)^{-1}\xi^u]_\tau = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n[r^{n-1}\xi^u],$$

$$(6)\qquad A^4 = [(r\Delta)^{-1}]_\tau = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n[r^{n-1}].$$

Nous ne ferons les calculs que pour (5), car ils sont analogues pour (6). Le second membre de (5) peut s'écrire

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n[r^n\Delta.B^u], \qquad \text{en posant } B^u = [(r\Delta)^{-1}\xi^u]_{x^4}.$$

En utilisant la relation

$$(7)\qquad \partial^n(a.b) = \sum_{k=0}^{k=n} C_n^k\,\partial^k a.\partial^{n-k} b, \qquad \text{avec } C_n^k = \frac{n!}{k!\,(n-k)!},$$

il vient

$$(8)\qquad A^u = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} \sum_{k=0}^{k=n} C_n^k[(\partial_4)^{n-k} r^n\Delta][(\partial_4)^k B^u]$$
$$= \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{(\pm 1)^k}{k!}[(\partial_4{}^k B^u)].\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n[r^{n+k}\Delta].$$

Si l'on peut démontrer que l'on a

$$(9)\qquad r_\tau^k = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n[r^{n+k}\Delta],$$

l'identité (5) sera établie, car on reconnaît alors dans (8) le développement en série de Taylor de la formule de Liénard-Wiechert.

Nous allons d'abord vérifier que (9) est valable dans le cas un peu particulier de $n = 0$, c'est-à-dire que l'on a

$$(10)\qquad \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n[r^n\Delta] = 1.$$

En tenant compte de (2), le premier membre de (10) peut s'écrire

$$1 + \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!}(\partial_4)^n r^n - \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^{n+1}}{(n+1)!}(\partial_4)^{n+1} r^{n+1},$$

ce qui est bien égal à 1.

Pour établir la validité générale de (9), nous multiplions les deux membres

par $(1/k!)(\pm 1)^k(\partial_4)^k r$, et nous sommons depuis $k=0$ jusqu'à $k=\infty$; il vient

$$\sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{(\pm 1)^k}{k!} r_\tau^k (\partial_4)^k r = \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{(\pm 1)^k}{k!} [(\partial_4)^k r] \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} (\partial_4)^n [r^{n+k} \Delta] \tag{11}$$

$$= \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} \sum_{k=0}^{k=n} C_n^k \{(\partial_4)^{n-k}[r^n \Delta]\}\{(\partial_4)^k r\}$$

$$= \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} (\partial_4)^n [r^{n+1} \Delta] = r_\tau,$$

et (11) est identique à (1); la validité de (9) est donc établie et, par là, celle de (5).

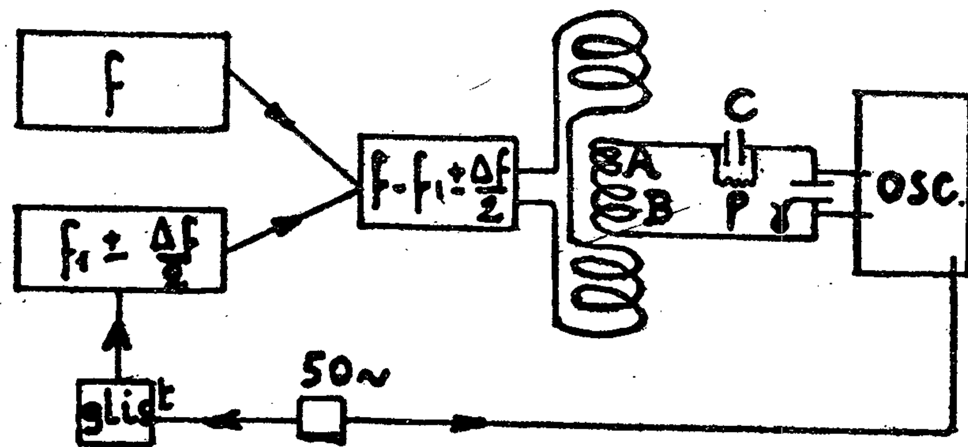
De la même manière on peut démontrer que, si f est une fonction quelconque de x_4, on a

$$f_{(\tau)} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\pm 1)^n}{n!} (\partial_4)^n [r^n \Delta f_{(x_4)}].$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *La modulation de fréquence appliquée à l'étude des susceptibilités magnétiques.* Note de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Paul Langevin.

La méthode dont je donne ici le principe permet d'observer directement sur l'écran de l'oscillographe une courbe d'aimantation en fonction de la fréquence sur une bande de largeur réglable ($\pm 25\,k$Hz autour d'une fréquence quelconque).

Considérons deux bobines coaxiales A et B, de résistances négligeables, construites de façon que leurs produits NS respectifs soient égaux et montées en série-opposition. Un condensateur shunté C, ρ et un condensateur γ, d'impédance négligeable devant ρ, ferment le circuit des bobines.



Supposons les deux bobines placées dans un champ magnétique $H = H_0 \cos \omega t$ dirigé suivant leur axe. Les résidus étant compensés (*Annales de Physique*, octobre 1945), un oscillographe placé aux bornes de γ ne décélera aucune tension. Soit L la self totale des bobines. Si l'on prend

$L = C\rho^2$ avec $C^2\rho^2\omega^2 \ll 1$, le circuit fermé se comporte comme une résistance ρ indépendante de ω.

Introduisons dans A une substance de susceptibilité k. Il naît dans les bobines primitivement en équilibre une f. é. m. proportionnelle à $k\, dH/dt$. Et si $1/\gamma\omega$ est négligeable devant ρ, la tension aux bornes de γ est proportionnelle à $kH = J$. Cette tension est appliquée en élongation verticale sur les plaques de l'oscillographe.

Le champ H est créé par deux bobines de Helmholtz alimentées par une tension modulée en fréquence, de manière que la modulation couvre toute la largeur Δf de l'intervalle des fréquences pour lequel on veut relever la courbe. Cette tension est obtenue à partir d'un oscillateur accordé sur une fréquence f_1. Une lampe de glissement, branchée en dérivation sur son circuit oscillant, modifie f_1 de $\pm\, \Delta f/2$. Cette modification est elle-même due à la tension variable v appliquée à la grille de commande par une source à 50 périodes.

La tension variable v est appliquée en élongation horizontale sur l'oscillographe. Comme la fréquence de l'oscillateur varie en fonction de v, chaque point de l'axe des abscisses correspond à une fréquence déterminée. On peut donc l'étalonner en fréquences.

Un second oscillateur à fréquence variable f bat avec le premier et la détection se fait dans une mélangeuse. Il en résulte une bande $2\, \Delta f/2 = \Delta f$ de largeur réglable, indépendante de f.

C'est la tension de fréquence $f - f_1$, modulée à $\pm\, \Delta f/2$, qui alimente le circuit des bobines de Helmholtz (rendu indépendant de ω).

Sur l'écran on observe donc une surface lumineuse, symétrique par rapport à l'axe horizontal, et dont l'*enveloppe reproduit les valeurs maxima du produit* kH *en fonction de* f. Cela pour un champ H dont on peut d'ailleurs faire varier l'amplitude.

Cette méthode permet donc de déduire k pour toute valeur de H et de f. D'où son grand intérêt.

ÉLECTROCHIMIE. — *Constante acidobasique et potentiel d'oxydo-réduction de l'ion pentasulfuré*. Note de M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Hackspill.

I. L'ébullition, sous la pression ordinaire, d'un lait de chaux avec du soufre engendre des polysulfures de calcium et, comme formes oxydées concomitantes, du sulfite insoluble et du thiosulfate soluble. La répartition de ces derniers obéit à un équilibre étudié ailleurs ([1]) et qui implique une quantité

(1) G. Valensi, Séance du 15 décembre 1944 de la Société Chimique, Montpellier. Résumé dans *Bull. Soc. Chim.*, 12, 5e série, 1945, pp. 236 et 642.

faible de thiosulfate aux fortes concentrations. De plus, si le rapport du soufre à la chaux est suffisant [2], on obtient presque exclusivement le *pentasulfure*. Voici des exemples de compositions de la phase liquide après refroidissement à 20°C :



(*a*) $S^5Ca\,381\,\frac{g}{l}$; $S^2O^3Ca\,21,4\,\frac{g}{l}$, (*b*) [3] $S^5Ca\,394\,\frac{g}{l}$; $S^2O^3Ca\,44,2\,\frac{g}{l}$.

II. L'action des acides forts libère du soufre et engendre successivement du sulfhydrate et de l'hydrogène sulfuré selon les réactions

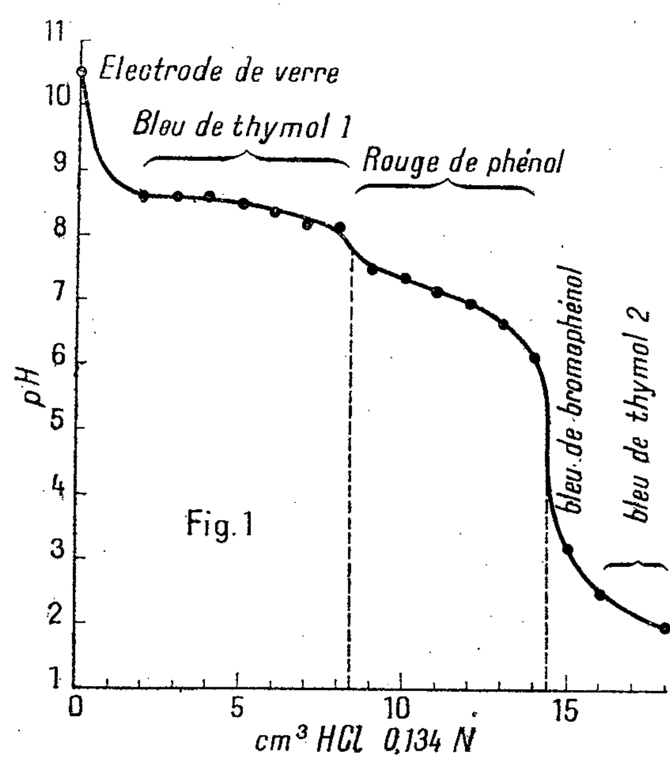


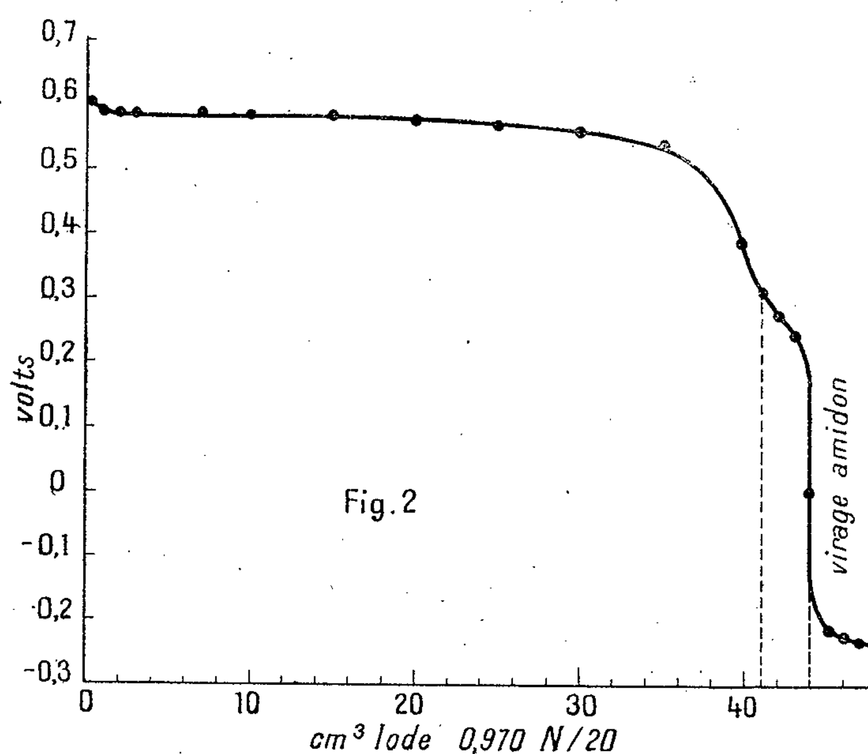
(1) $S_5^{--} + H^+ \rightleftharpoons 4S + SH^-$,



(2) $SH^- + H^+ \rightleftharpoons SH^2$.

La figure 1 exprime les variations du pH, mesuré colorimétriquement, au





cours de l'addition d'acide chlorhydrique 0,134N à 10$^{cm^3}$ de la dilution à 1/20 de la bouillie (*a*), après centrifugation pour éliminer le soufre précipité. Elle fait apparaître le pK de la réaction (1), qui est égal à 8,6 (en solution environ N/10 et à 20°C), résultat nouveau, et le pK de la réaction (2) effectivement conforme à la valeur connue 7,1.

On peut remarquer que les zones qui correspondent à (1) et (2) ne sont pas égales. Cela tient à une évasion d'hydrogène sulfuré vers la fin de la première, le calcul montrant aisément l'importance non négligeable de sa tension d'équilibre.

III. L'action de l'iode libère du soufre et engendre successivement de

---

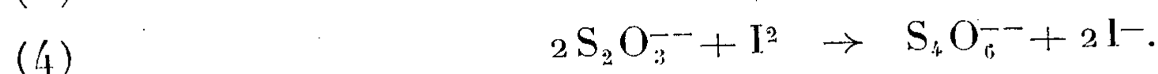
[2] Supérieur ou égal à 1^g,58 de soufre par gramme de chaux éteinte.

[3] En réalité cette bouillie, évoluée à l'air, est plus riche en thiosulfate qu'initialement.

l'iodure et du tétrathionate selon les réactions

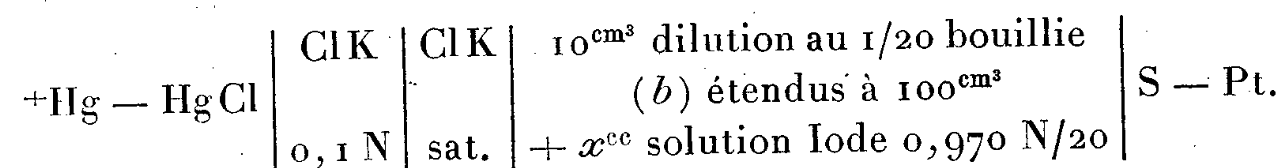


(3) $$S_5^{--} + I^2 \rightleftharpoons 5S + 2I^-,$$



(4) $$2S_2O_3^{--} + I^2 \rightarrow S_4O_6^{--} + 2I^-.$$

La figure 2 exprime à 20°C. les variations de la force électromotrice de la chaîne



$$+\mathrm{Hg} - \mathrm{HgCl} \left| \begin{matrix} \mathrm{ClK} \\ \\ 0,1\,\mathrm{N} \end{matrix} \right| \begin{matrix} \mathrm{ClK} \\ \\ \mathrm{sat.} \end{matrix} \left| \begin{matrix} 10^{\mathrm{cm^3}} \text{ dilution au } 1/20 \text{ bouillie} \\ (b) \text{ étendus à } 100^{\mathrm{cm^3}} \\ + x^{\mathrm{cc}} \text{ solution Iode } 0,970\ \mathrm{N}/20 \end{matrix} \right| \mathrm{S} - \mathrm{Pt}.$$

L'électrode inattaquable fonctionne alors comme électrode au soufre; la stabilité et la reproductibilité sont de l'ordre de 2 ou 3 millivolts.

Les réactions (3) et (4) sont nettement séparées. On en déduit le potentiel normal $e_0 = -0^v,31$ (4) de l'électrode (Pt, S, S_5^{--}), par rapport à l'électrode normale d'hydrogène, en solution N/100, et à 20°C.

Le potentiel normal de l'électrode (Pt, $S_4O_6^{--}$, $S_2O_3^{--}$) ensuite mis en évidence serait dans ces conditions O^v; les données bibliographiques à ce sujet sont rares et contradictoires, ce qui s'explique sans doute par l'irréversibilité de la réaction (4). Un meilleur recoupement est fourni par le potentiel (Pt, I_3^-, I^-), obtenu avec un excès d'iode et dont la valeur trouvée $0^v,64$ est effectivement conforme à la valeur $0^v,65$ admise à la concentration N/100 (5), pour le potentiel normal apparent rapporté aux concentrations unités.

IV. Or le potentiel normal (Pt, S, S_5^{--}) est lié *a priori* à la constante de la réaction (1), qui implique aussi l'équilibre SH^-, S^{--}, H^+ dont le pK bien connu est 14,9. On doit donc avoir en présence de soufre solide :

$$\frac{[S_5^{--}]}{[S^{--}]} = \frac{10^{-8,6}}{10^{-14,9}} = 10^{6,3}.$$

D'autre part l'électrode inattaquable est à la fois en équilibre avec les ions S_5^{--} et S^{--}, le potentiel normal connu (Pt, S, S^{--}) étant $e'_0 = -0^v,49$ (6), et l'on doit donc avoir :

$$e = e_0 - \frac{0,058}{2}\log[S_5^{--}] = e'_0 - \frac{0,058}{2}\log[S^{--}],$$

$$e_0 = e'_0 + 6,3 \times 0,029 = -0^v,31,$$

ce qui est exactement la valeur trouvée directement.

---

(4) Convention de signe inverse de la convention de Lewis.

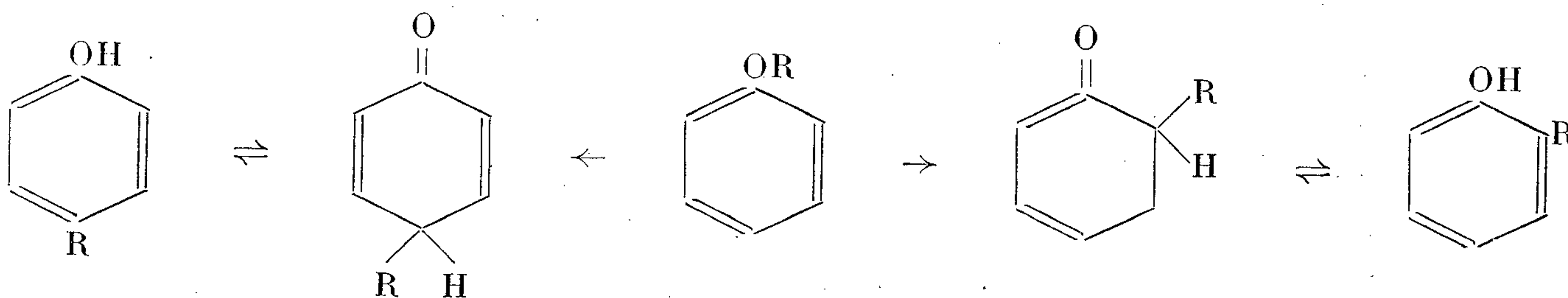
(5) Voir CHARLOT, *Nouvelle méthode d'analyse*, Paris, 1942, p. 62.

(6) Moyenne de trois déterminations récentes. Voir *Tables ann. des Constantes*, **11**, **12**, 1937, 60, p. 31.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme du réarrangement des oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle, et de l'alcoylation des phénols par le cyclohexène, en présence de fluorure de bore.* Note de MM. **Henri Lefebvre** et **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. *Réarrangement des oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle.* — Divers mécanismes de réarrangement des éthers-oxydes phénoliques en phénols alcoylés ont été suggérés. Celui de Claisen (1) ne s'applique qu'aux éthers allyliques des phénols; celui de Kurssanow (2) ne vaut que pour les réarrangements par Cl H. Tous deux sont donc à écarter *a priori* dans le cas présent, où l'on étudie le réarrangement par BF^3 d'éthers-oxydes à alcoyle saturé.

Pour Niederl et Natelson (3), le réarrangement d'un éther-oxyde phénolique quelconque se ferait par un simple phénomène d'isomérie : l'éther se transformerait en phénol *ortho* ou *para* alcoylé en passant par une forme *ortho* ou *para* quinonique, avec migration préférentielle en *ortho* quand cette position est libre :



Notre étude des oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle (4) montre *que le réarrangement de ces oxydes en présence de* BF^3 *ne peut être expliqué par un tel mécanisme.* En effet, même quand les conditions opératoires sont modérées, il apparaît toujours, outre le monoalcoylphénol, une quantité relativement importante de phénol libre et de produits polycyclohexylés. Il semble donc que *le réarrangement n'est pas ici intramoléculaire (comme le voudrait la théorie de Niederl et Natelson), mais bien intermoléculaire : d'abord coupure de l'éther en phénol et cyclohexène, puis réaction entre ces deux corps pour former directement des mono et des polycyclohexylphénols.* Ceci concorde avec les vues de Smith (5), qui étudia le réarran-

(1) L. Claisen et E. Tietze, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 275; 59, 1926, p. 2344.
(2) *J. Soc. Physicochim. russe*, 48, 1916, p. 1172.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1928; 54, 1932, p. 1063; Natelson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1583.
(4) H. Lefebvre et É. Levas, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 313.
(5) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 717.

gement de l'oxyde de phényle et d'isopropyle par Cl^3Al, et avec les expériences de S. Skraup et W. Beifuss ([6]), qui, par chauffage sans catalyseur de l'oxyde de phényle et de cyclohexyle, obtinrent, en plus des monocyclohexylphénols, du phénol, du cyclohexène et des produits de polymérisation de ce dernier.

II. *Mécanisme de l'alcoylation des phénols par le cyclohexène.* — 1° Pour Niederl et Natelson ([7]) l'addition des carbures éthyléniques aux phénols débute par la formation d'un éther-oxyde, qui se réarrange ensuite en alcoylphénol; en opérant à température assez basse, ils purent dans certains cas isoler l'éther.

2° Nous avons établi [([4]), ([8])] qu'en présence de BF^3 : *a.* l'alcoylation des phénols par le cyclohexène donne, si la température reste assez basse, surtout des éthers-oxydes et, à plus haute température, uniquement des phénols alcoylés au noyau; *b.* on peut alcoyler l'anisole par le cyclohexène.

3° *Objections à la théorie de Niederl et Natelson. — a. Rejetant la possibilité de l'alcoylation directe du noyau, cette théorie est déjà trop exclusive.* On ne saurait en effet imaginer dans le cas de l'anisole la formation transitoire d'un éther-oxyde cyclohexylé; seule l'alcoylation directe du noyau est ici vraisemblable; de pareilles objections ont d'ailleurs déjà été faites par différents expérimentateurs ([9]).

b. Non seulement l'alcoylation directe du noyau semble possible, mais elle paraît constituer dans le cas présent le seul mode de production des cyclohexylphénols. Nous avons montré en effet plus haut qu'au premier stade de leur réarrangement, les oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle se décomposent en phénols et cyclohexène, régénérant ainsi les produits initiaux. La formation d'éthers-oxydes reste donc étrangère à la production des cyclohexylphénols.

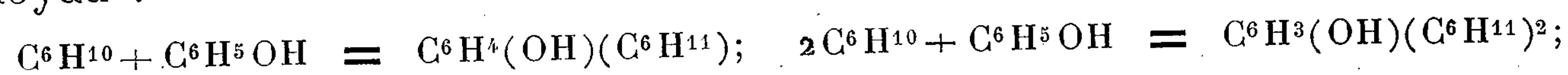
4° *En résumé*, l'alcoylation des phénols par le cyclohexène en présence de BF^3 est susceptible de se faire de plusieurs façons :

a. à température suffisamment basse, formation prédominante d'éther-oxyde :



$$C^6H^{10} + C^6H^5OH = C^6H^5—O—C^6H^{11};$$

b. à plus haute température, uniquement alcoylation directe du noyau :



$$C^6H^{10} + C^6H^5OH = C^6H^4(OH)(C^6H^{11}); \quad 2C^6H^{10} + C^6H^5OH = C^6H^3(OH)(C^6H^{11})^2;$$

([6]) *Ber. d. chem. Ges.*, **60**, 1927, p. 1070.

([7]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 272.

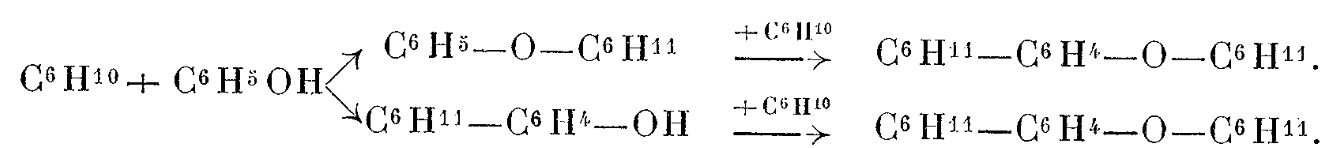
([8]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 782 et 826.

([9]) IPATIEW, PINES et SCHMERLING, *J. Amer. Chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 1161; SOWA, HINTON et NIEUWLAND, *J. Amer. Chem. Soc.*, **55**, 1933, p. 3402.

l'alcoylation directe du noyau peut déjà se produire un peu à basse température;

c. si on laisse la température monter après la formation de l'éther-oxyde, celui-ci se décompose, et la régénération des réactants est suivie d'une alcoylation directe du noyau;

d. au cours de l'alcoylation du phénol ordinaire à basse température ([4]), il se produit, outre l'oxyde $C^6H^5—O—C^6H^{11}$, un oxyde alcoylé au noyau $C^6H^{11}—C^6H^4—O—C^6H^{11}$, dont la formation peut procéder des deux types de réaction précédents :



GÉOLOGIE. — *Sédiments quaternaires conservés sur la grève de la région de Roscoff (Finistère).* Note de M. **Jacques Bourcart.**

Les géographes affirment que le paysage complexe de la côte bretonne : profondes échancrures, chenaux, rochers littoraux en pyramides ou entassements de boules de granite, écueils, îles et îlots, est dû à l'*érosion marine* actuelle, sélective. J'ai montré ([1]) qu'il représente le reste d'un ancien relief antécrétacé, fossilisé par le dépôt de la craie (ou, en Morbihan et dans la baie du Mont Saint-Michel, de celui des calcaires éocènes qui lui succèdent) et que ce relief avait été, ensuite, dégagé et envahi par la mer. Le manque de documents ne permet pas encore de dire quelle est la part, dans les résurrections et enfouissements successifs de ce paysage qui se sont ensuite succédé, au cours de l'Oligocène, du Miocène et du Pliocène, des actions continentales ou marines. Mais il m'est déjà possible d'indiquer celles qui se sont produites dans la dernière partie du Quaternaire.

Les coupes des valleuses de la côte roscovite montrent que le relief continental est partiellement enfoui sous des limons jaunes, fins, un peu calcarifères, très analogues à ceux de la Normandie et de l'Ile de France. Leur base renferme un cailloutis anguleux, d'origine locale ([2]).

Les rochers côtiers, comme le Roc'h Illiévec, émergeaient à peine de

([1]) *Comptes rendus,* 220, 1945, p. 505.

([2]) Les levées de galets *arrondis* qui ont été décrites dans la région de Roscoff, sous le nom, en général, de plages soulevées, sont sous le *head,* formation très caillouteuse, à pâte empruntée aux limons et postérieures à celui-ci. Elles sont, en général, attribuées à une solifluxion contemporaine de la dernière période glaciaire. La variété pétrographique extraordinaire de ces galets arrondis leur assigne probablement une origine fluviale première, avant leur mise en place par la dernière transgression marine.

la couverture de limons. Sur leur face maritime, ils en ont été dégagés par les actions complexes de la mer.

On sait, depuis Barrois (1897) ([3]), que cette couverture limoneuse n'est pas limitée au continent, mais qu'elle existe également sur les îles ou îlots, jusqu'à Ouessant. Dans la région roscovite, les îles de Ti Saozon et, sous une couverture de sables dunaires, celles de Bas et de Callot sont recouvertes par ces limons. Mais il est plus extraordinaire de retrouver ceux-ci dans les parties basses de la grève, comme substratum des plages, notamment. Le fait avait déjà été remarqué pour l'Aber et Roscoff par P. de Beauchamp ([4]); mais on peut retrouver les limons, par sondages, en bien d'autres points jusqu'à la pointe de Pontusval, sous les sables (ou les tangues à Goulven) de l'estran.

L'étude de l'Aber de Roscoff montre que, sous les limons, apparaît le plus souvent une argile bleue azur, contenant des grains de quartz non roulés. Sa puissance, variable, atteint 50^{cm} en plusieurs points. Elle recouvre notamment l'affleurement de craie au bout de la jetée de Per Haridy. En étudiant les sédiments accrochés aux pattes d'ancres dans le chenal de Bas, j'ai pu reconnaître qu'elle remplit non seulement l'Aber, mais même ce chenal. Enfin elle constitue le sous-sol du Marais de Santec.

Au fond de l'Aber, vers les rochers de Per Haridy et, sur la côte sauvage, près de Santec, les argiles bleues sont recouvertes par un banc de tourbe stratifiée dont la puissance peut atteindre le mètre.

Les baies et chenaux, qui existaient sous cet aspect au Crétacé, sont donc devenus des marécages à une époque du Quaternaire (qu'il est assez vraisemblable de localiser à l'intervalle acheuléo-moustiérien). Puis elles ont été recouvertes par un manteau, presque uniforme, de limons sous lequel disparaissait la majeure partie du relief rocheux. Les zones basses ont été alors atteintes par la dernière transgression marine (dont l'histoire est d'ailleurs complexe). Mais depuis cette époque, l'action d'ablation de la mer a juste été suffisante pour enlever partiellement, dans les baies, et attaquer un peu, dans les valleuses, cette couverture pourtant si meuble et, dans les zones de dépôt, de la recouvrir simplement d'un mince placage de sédiments actuels. Elle a laissé subsister un relief évidemment antérieur au dépôt des limons, bien plus ancien, comme nous l'avons vu, car il est le successeur, à peine un peu usé, d'un relief antécrétacé.

L'action de la mer, dans un pays analogue à la Bretagne, est par conséquent des plus limitées. Cette idée est en complète contradiction avec les données numériques qui sont toujours citées pour justifier le

---

([3]) *Ann. Soc. géol. du Nord*, **26**, 1897, p. 33.

([4]) *Les Grèves de Roscoff*, Paris, 1914.

recul des côtes, l'attaque des pointes, le comblement des baies et la simplification linéaire finale du littoral. Celles-ci sont toujours empruntées aux régions crayeuses de la Picardie et du Sud de l'Anglerre, où vraisemblablement jouent de tout autres phénomènes. Les simples actions de déblaiement et de remblaiement de la mer ne peuvent donc suffire à créer ni de véritables plaines, ni un paysage aussi complexe que celui qui borde, sur les grèves ou sous la mer, le littoral breton.

MICROBIOLOGIE. — *Fermentation méthanique due au Bacille* perfringens; *rôle catalyseur de l'iode au cours de cette fermentation.* Note [1] de M. **Jean Laigret**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le Bacille *perfringens* a été étudié très complètement, surtout par Weinberg, du point de vue de son action pathogène dans la gangrène gazeuse. Il a été étudié également comme ferment anaérobie destructeur de la matière organique et producteur, aux dépens de celle-ci, de gaz carbonique et d'hydrogène. Il n'a pas été signalé comme producteur de méthane. Ni Weinberg, ni aucun des auteurs qui, à notre connaissance, ont traité de la fermentation méthanique, ne l'ont retenu parmi les bactéries susceptibles d'engendrer l'hydrocarbure.

Pourtant le Bacille *perfringens* s'est révélé un ferment méthanigène puissant au cours d'expériences que nous avons faites avec la souche *A*. 5029 de ce microbe : souche de collection de l'Institut Pasteur, entretenue dans notre laboratoire selon les techniques habituelles de repiquage en gélose de Veillon et en tubes d'Yvan Hall.

Première série d'épreuves : fermentation de liquides organiques sans addition d'aucune substance modificatrice. — Dans les conditions ordinaires d'attaque de la matière organique, c'est-à-dire sans l'intervention d'aucune substance modificatrice, le Bacille *perfringens* souche *A*. 5029 provoque des dégagements rapides, tumultueux, où l'anhydride carbonique et l'hydrogène se mêlent en proportions variables. Les gaz sont combustibles quand leur teneur en hydrogène dépasse 30 à 35 %. Très vite se forment dans les liquides les acides butyrique, acétique et lactique : le pH tombe à 5 et au-dessous; le développement bactérien s'arrête. Cette fermentation, du type butyrique classique, ne conduit jamais au méthane.

Deuxième série : liquides fermentescibles additionnés d'un formiate alcalin. — Si aux mêmes liquides fermentescibles on ajoute, avant l'ensemencement du microbe, un formiate, de soude, de chaux, de baryte, mieux encore

---

[1] Séance du 10 septembre 1945.

d'ammoniaque, des modifications importantes surviennent. D'abord le dégagement est moins précoce : il ne débute qu'au 2e-3e jour, au lieu des 6e-10e heures. Il est plus régulier et il se prolonge. C'est qu'en effet le milieu ne s'acidifie pas : les acides se trouvant saturés, au fur et à mesure de leur production, par la base du formiate. Il en résulte que la culture n'est pas entravée; la fermentation évolue tout entière à pH neutre.

Le volume des gaz est notablement augmenté. Ces gaz contiennent en général parties égales d'hydrogène et de gaz carbonique. Ils brûlent. Ils ne renferment jamais de méthane.

Troisième série : liquides additionnés d'un formiate alcalin et d'iode. — Si, avant de mettre les liquides à fermenter, on les additionne de formiate alcalin, de préférence ammoniacal, et de traces d'iode (1 pour 5000 d'iode, sous forme de solution dans l'iodure de potassium, le pH comme précédemment reste neutre. Des gaz se dégagent à partir du 2e-3e jour : ils sont riches ou très riches en hydrogène.

Le premier dégagement terminé, on ne voit plus monter, pendant une période de 10 à 15 jours, que des bulles insignifiantes. Puis un deuxième dégagement se produit, il est riche ou très riche en méthane.

Nous avons obtenu ce résultat avec les substances organiques les plus diverses : peptones du commerce; peptones préparées au laboratoire par digestion chlorhydrique de viscères (peptone Martin); macérations de viandes de bœuf, de cheval, de poissons; solutions de glucose, de sucre de canne, de miel, de manne; décoctions de graines, de feuilles, de tiges, de bulbes de différentes plantes. Pour chaque substance ou mélange de substances, il est nécessaire d'opérer un titrage qui indique les proportions convenables de formiate et d'iode qu'il faut employer. Ce titrage s'opère par dilutions, en présence d'une quantité fixe de la semence.

On arrive ainsi à des rendements considérables, 1^g de formiate produisant jusqu'à 1600^{cm^3} de gaz, riches pour une moitié, de plus de 80 % d'hydrogène et, pour l'autre moitié, de plus de 80 % de méthane. Oxyde de carbone en moins, le mélange a la composition des meilleurs gaz de distillation de la houille.

Commentaires et conclusions. — Du point de vue théorique il se confirme que la production du méthane n'est point liée à la fermentation de la cellulose. Ceci avait été vu déjà par divers chercheurs, en particulier par Söhngen et par Stephenson. Dans nos expériences nous avons eu d'abondants dégagements de méthane à partir de liquides entièrement dépourvus de cellulose.

Mais ce qui domine, c'est la constatation nouvelle du rôle du Bacille *perfringens*. Ce microbe, sans l'aide d'aucune autre bactérie, s'est montré capable de provoquer non seulement la fermentation butyrique, ce qu'on

savait déjà, mais aussi, et d'une manière très active, la fermentation méthanique. Il lui faut, pour cette deuxième fermentation, un catalyseur : l'iode dans nos expériences. Étant donné que le Bacille *perfringens* est répandu partout dans le sol, on est en droit de le considérer, sinon comme l'unique, du moins comme le principal producteur du méthane naturel.

Enfin, du point de vue pratique, on peut, à partir de la matière organique fermentée par les cultures pures du Bacille *perfringens*, obtenir à volonté soit des gaz riches en hydrogène, soit des gaz riches en méthane, soit successivement les uns et les autres. Il n'est pas nécessaire, comme on le fait dans la pratique empirique du gaz dit de ferme ou de fumier, de soumettre la matière organique à une putréfraction préalable. Les végétaux bruts donnent, en gaz combustibles, des rendements aussi intéressants; égaux ou supérieurs, du moins dans nos expériences, à ceux que l'industrie obtient de la distillation du charbon (²).

BACTÉRIOLOGIE. — *Lyse massive des bacilles de Koch chez le Cobaye après traitement à la clitocybine. Pouvoir inhibiteur de ce produit vis-à-vis du bacille typhique, du colibacille, de* Brucella abortus etc. Note de M. **A.-Charles Hollande**, présentée par M. Robert Courrier.

J'ai constaté depuis de nombreuses années qu'un gros champignon de la famille des Agaricinées, le *Clitocybe* (*Aspropaxillus*) *gigantea* (Fr. ex. Sow.) Quel. var. *Candida* (Bres.) Heim (¹), déterminait dans les prairies alpines (900 à 1400^{m}) la formation de *ronds de sorcière*, souvent très importants, dont l'herbe, loin d'être plus drue, est morte et peu putrescible. J'ai pensé que le champignon, en se développant, tuait les plantes et devait élaborer un principe actif inhibant la multiplication des microbes nécessaires à la putréfaction des tissus végétaux. Mes recherches m'ont permis de mettre en évidence et d'extraire ce principe; je l'ai nommé *clitocybine* (²). Ce produit paraît voisin de la pénicilline. Il est soluble dans l'eau et le chloroforme, l'acétone, l'acétate d'amyle, l'éther sulfurique etc. Détruit entre 70-80°, et non à 40-50° comme la pénicilline, il diffère de cette dernière par son action inhibitrice vis-à-vis des bacilles de Koch, typhique, *coli*, pyocyanique et *Brucella abortus* (³).

(²) Ce travail a été effectué pendant la guerre avec la collaboration de Mme Vérain-Pinoy pour la partie bactériologique; les analyses chimiques des gaz ont été faites par MM. Vérain et Guntz.

(¹) Je dois cette détermination à M. Roger Heim.

(²) Il se peut que d'autres clitocybes renferment le même principe.

(³) *Brucella melitensis* et le bacille de *Shiga-Krüse* n'ont pas été expérimentés.

Le champignon cuit est comestible. Cru et desséché, il renferme des substances toxiques. Un centimètre cube d'une macération aqueuse (24 heures) de 1^g de champignon sec dans 10^{cm^3} a tué (inj. s.-c.) un cobaye de 300^g en 48 heures; il produit, au point d'injection, un fort œdème, un prurit intense (grattage et arrachement des poils), avec suffusion sanguine et ulcération. Le liquide obtenu est brun (oxydases), acide (pH 4,6). Après extraction ([1]) par l'éther sulfurique, évaporation du solvant et concentration du produit dans l'eau de source stérilisée, le liquide obtenu (pH 2) est incolore, ou légèrement jaune; non teinté et ramené à pH 7,5, il n'est plus nocif (absence de prurit, d'œdème, d'ulcération) en injections sous-cutanées répétées.

En boîte de Petri (gélose nutritive), $0^{cm^3},05$ à $0^{cm^3},06$ de la solution brute (1^g de champignon sec pour 10^{cm^3} d'eau) à pH 7,5, déposé sur un papier buvard épais et large d'un demi-centimètre carré, détermine autour du papier un espace circulaire stérile ayant un diamètre de $2^{cm},7$ avec le

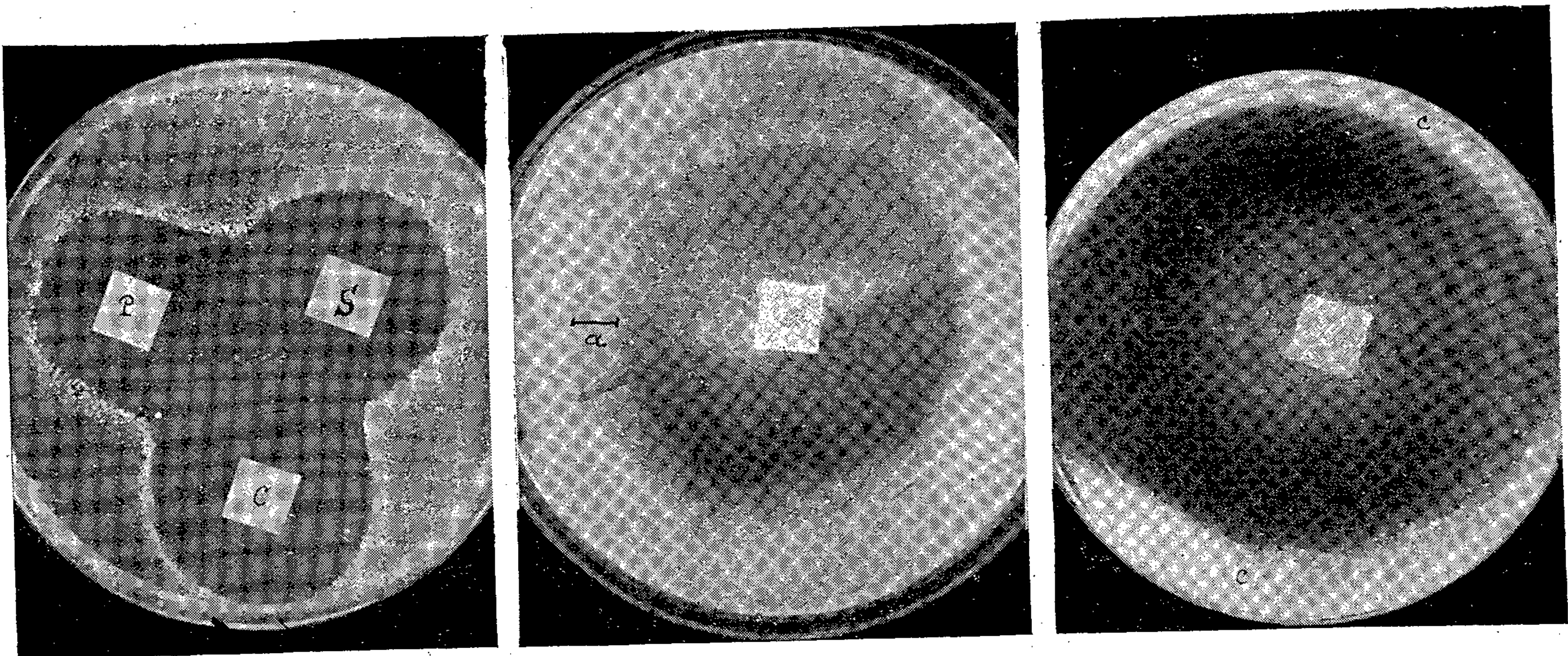


Fig. 1. — Bacille typhique. Fig. 2. Fig. 3. — Bacille tuberculeux.

Fig. 1. — Action de la clitocybine sur le bacille typhique; $0,^{cm^3}06$ macération aqueuse (1 p. 10) à pH 4,5; P, avec pied; S, spores; C, chapeau du champignon; diamètre de l'auréole stérile : $3^{cm},8$.

Fig. 2 et 3. — Action de $0,^{cm^3}05$ de clitocybine, à deux concentrations, différentes sur le bacille de Koch. En 2, auréole stérile de 5^{cm}; en 3, concentration plus forte, auréole de 8^{cm}; culture 3 jours Sauton gélosé. Le nuage blanchâtre qui s'observe autour du confetti de buvard sur les figures 2 et 3 est un artefact de photographie et ne traduit pas la présence de colonies bactériennes dans cette zone.

staphylocoque ensemencé; $1^{cm},7$ avec le colibacille. Avec une macération à 2^g pour 10^{cm^3}, $0^{cm^3},06$ donne pour le bacille typhique $2^{cm},8$ de diamètre (*fig.* 1); pour le bacille pyocyanique $1^{cm},6$; sur Sauton gélosé, on obtient

---

([1]) L'addition de quelques gouttes d'eau oxygénée (2-3 par 10^{cm^3}) favorise, semble-t-il, la formation et l'extraction de la clitocybine.

avec le bacille tuberculeux ([5]) 2^{cm} à $2^{cm},5$ (*fig.* 2 et 3). Avec le pH brut (4,5), les diamètres stériles sont plus grands.

$0^{cm^3},50$ du liquide brut (macération 24 heures à 1^g pour 10^{cm^3}) inhibe le développement (37°) du staphylocoque (10 millions) dans 10^{cm^3} d'eau peptonée; même résultat avec le bacille de Koch en milieu Courmont. Après extraction éthérée et concentration en eau de source stérile, $0^{cm^3},005$ de la solution obtenue empêche le développement du bacille tuberculeux précédent (10 millions) ensemencé dans 10^{cm^3} du milieu Courmont à 37° (concentration 1/2000e); dans les mêmes conditions il fallait $0^{cm^3},025$ de cette solution pour inhiber la culture du staphylocoque. La clitocybine apparaît ainsi plus active sur le bacille de Koch que sur le staphylocoque. Le bacille tuberculeux (10 millions) n'est pas lysé après 4 jours à 37° au contact de 1^{cm^3} de la solution aqueuse brute (pH 7,5) à 1^g pour 10^{cm^3}.

Quelques essais de traitement (inj. s.-c. répétées) sur le cobaye tuberculisé ont été effectués; sur frottis et coupes on constate soit l'absence de bacilles dans les lésions (ganglions, rate, poumons), soit la lyse progressive et totale des bacilles.

Dans les lésions (coupes du poumon), on observe des traînées roses provenant de la lyse des BK; sur frottis, des leucocytes sont littéralement bourrés de BK en lyse; on voit aussi des globi formés de fins et longs filaments acidorésistants; des paquets de BK extracellulaires agglutinés et gonflés, très colorables; à côté, d'autres sont à peine teintés de rose et en voie de disparition. L'injection au cobaye neuf du broyat de telles lésions, après un traitement suffisamment intensif, montrera si une stérilisation complète par la clitocybine est possible.

J'ai cru devoir dès maintenant signaler à l'attention : 1° le pouvoir inhibiteur de la clitocybine vis-à-vis de microbes pathogènes (B. tuberculeux, B. typhique, colibacille, *Brucella abortus* etc.) sur lesquels, selon les auteurs, la pénicilline n'agit pas; 2° la lyse massive du bacille de Koch, très virulent chez le cobaye tuberculisé ayant subi un traitement à la clitocybine.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

([5]) Bacille constitué par le stade acido-résistant dit *forme jeune* S.A.P.C. (culture lisse) qui pousse abondamment en 24-48 heures à 37° (A. Ch. et G. Hollande, *Arch. Zool. exp., Protistologica,* t. 72, vi, 1932).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1945.

La fiche d'ensoleillement du site et du bâtiment, pour les reconstructeurs de demain. Exposé préliminaire de principes, par L.-A. Becquerich. Perpignan, Imprimerie Gabriel Trilha, 1945; 1 fasc. 21cm.

Physique appliquée des installations à rayons X. Production et dosimétrie, par Georges Destriau. Paris, Dunod, 1945; 1 vol. 25cm.

Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et mesures, publié sous les auspices du Comité international, par le Directeur du Bureau. Tome XX. Paris, Gauthier-Villars, 1944; 1 vol. 32cm.

Le méson. Aspects théoriques et expérimentaux. Réunions d'études et de mises au point tenues en mai 1944 *sous la présidence de* M. Louis de Broglie. Paris, Éditions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale, 1945; 1 vol. 22cm,5.

Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Extrait des procès-verbaux, séance du mardi 24 juillet 1945. *Sur le rôle des associations scientifiques dans le développement canonique à propos des travaux de l'Association française des Techniciens du Pétrole à Saint-Gaudens les 5 et 6 juillet* 1945, par Camille Manceau. Bordeaux, Imprimerie Delmas, 1945; 1 fasc. 24cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Section d'hydrologie scientifique. *Commission du Bassin de la Seine.* Cahier n° 5. *Quelques compléments à la météorologie de Paris.* Paris, Gauthier-Villars, 1945; 1 fasc. 27cm,5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er OCTOBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Les terrains associés aux argiles smectiques dans le pays de Taourirt (Basse Moulouya) au Maroc.* Note (1) de M. **JACQUES DE LAPPARENT.**

Les marnes verdâtres que l'on voit dans le bassin de la Tafna en Algérie se retrouvent dans la région de la Basse Moulouya. Elles représentent une sédimentation franchement marine. C'est sur elles qu'est établi l'ensemble des terrains où se sont développées les argiles smectiques.

Comme il en était en Algérie dans le pays de Turenne et de Lalla Marnia (2), le matériel de ces smectites fut originellement des débris de roches volcaniques vitreuses de caractère principalement acide et qui se détermineraient pétrographiquement soit comme rhyolites ou rhyolitoïdes, soit comme dacites ou dacitoïdes.

Le mur du complexe smectique est constitué par des marnes et argiles *brunissantes* qui dérivent de transformations opérées avant le dépôt smectique sur les marnes verdâtres. Le phénomène est comparable à celui qui, à partir de carbonates du type mésitine, peut provoquer la naissance de *spaths brunissants*, mais le brunissement fut opéré aux dépens des éléments phylliteux des marnes, comme il arrive quand des glauconies se transforment en produits ocreux. Le brunissement est l'indice d'une exondation des dépôts marins qui s'étaient formés.

Au-dessus de ce mur brunissant se tient donc l'ensemble argileux à la base duquel sont développées les argiles smectiques exploitées en divers points de la région. Généralement la formation débute par un lit gris foncé de marnes ou d'argiles sur lesquelles sont plaquées les smectites en une couche de 30^{cm} de puissance moyenne. La smectite est alors surmontée par des marnes vertes qui forment son toit (25^{cm}) et sur lesquelles repose un lit mince de marnes noires ou grises. Sur ce dernier on trouve à nouveau une couche de smectite comparable en épaisseur à la première

---

(1) Séance du 6 août 1945.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 365.

et dont le toit est constitué par une masse de cinérites dont la puissance peut atteindre 4^{m}. Ces cinérites sont le même matériel que celui qui a donné naissance aux smectites, à savoir : fins débris de verres volcaniques, acides chargés de mica biotite. Elles contrastent avec l'allure de la smectite par le tourment de stratification qu'elles mettent en évidence, étant à *cross bedding*, comme disent les auteurs anglais, tandis que la smectite ne témoigne que d'une sédimentation calme. Des lits peu épais de marnes vertes et de cinérites surmontent l'ensemble en certaines places. En d'autres on voit, avec une grande constance dans les terrains en Garas, un niveau calcaire ou marneux à Potamides dont l'épaisseur peut atteindre 1^{m},50, mais qui est souvent réduit à une dalle dure de 5 à 10^{cm} de puissance. Dans les Garas la formation est alors interrompue par suite du phénomène de ravinement d'âge probablement pliocène, auquel fit suite le dépôt des grossiers conglomérats caractéristiques de la surface du sol dans le pays.

En allant des Garas vers Camp-Berteaux on voit, dans des coupes où les smectites apparaissent de manière analogue, se réduire l'importance du niveau à Potamides; des argiles grises, des cinérites et marnes apparaissent encore au toit des smectites, mais le niveau à Potamides y est tenu par des calcaires blancs lités où s'amorcent des concrétions siliceuses et où l'on distingue nettement des fragments de tiges de Characées. Ainsi une formation lacustre paraît remplacer latéralement une formation saumâtre. Dans la formation lacustre il y a parfois un très mince lit sépiolitique. Sur les calcaires, par l'intermédiaire de marnes gypseuses, se tiennent des sables.

Au Sud-Est de Camp-Berteaux, sur la rive droite de l'Oued Za, la montagne immédiatement dominante, *El Hamirat*, est faite, à partir des roches du toit des smectites qu'on vient d'énumérer, d'abord de calcaires d'un blanc vif dans lesquels s'intercalent des lits de cinérite à biotite, puis d'une masse d'argiles grises gypseuses de 30^{m} environ de puissance surmontée d'une dalle dure épaisse de 15^{cm} essentiellement faite de Milioles. Les argiles se creusent naturellement sous cette dalle, ce qui en fait apparaître nettement le niveau dans le paysage. Au-dessus de la dalle à Milioles se tiennent des argiles grises puis des sables gréseux que surmonte un horizon marneux brunissant auquel est superposé un ensemble marneux gris.

Ainsi observe-t-on dans le complexe à smectites, au-dessus des marnes verdâtres franchement marines, les traces de variations du niveau de la mer qui témoignent d'exondations puis de sédimentation saumâtre en certaines places, lacustre en d'autres, de retour de la mer et d'exondations nouvelles. Ajoutons qu'au toit de l'un des gîtes smectiques des Garas furent récemment trouvés les restes d'un Mastodon, parfaitement recon-

naissable à la forme de ses défenses et à la puissance de ses os. Le cadavre de cet animal fut sans doute entraîné par un cours d'eau au large de l'estuaire où se constituaient d'autre part les dépôts à Potamides.

Il arrive en certaines places que le mur de la smectite soit directement fait d'argiles ou marnes brunissantes sans interposition d'argiles grises ou noires. Parfois même la couche inférieure de smectite n'est pas présente, et c'est la seconde qui repose directement sur le mur brunissant. Ainsi s'atteste la transgressivité de l'horizon smectique en la région sur un terrain qui avait subi une légère érosion préalable.

NOMINATIONS.

L'**Association française pour l'avancement des Sciences** invite l'Académie à se faire représenter au Congrès annuel qui aura lieu à Paris, du 20 au 26 octobre 1945.

Le **Bureau** de l'Académie est désigné.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Adolphe Hoffmann, *Coléoptères bruchides et anthribides* (présenté par M. L. Fage).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux lemmes de représentation conforme.* Note de M. **Roger Huron**, présentée par M. Henri Villat.

En précisant un lemme de M. J. Leray (1), M. J. Kravtchenko (2) a obtenu une inégalité concernant la correspondance entre frontières de deux domaines représentés conformément l'un sur l'autre. Le raisonnement de ces auteurs fait appel aux propriétés de la fonction modulaire et comporte la restriction $r < 1/2$ dont le sens sera précisé ci-dessous. L'objet de cette Note est de retrouver directement cette inégalité sans utiliser la fonction modulaire et de s'affranchir de l'hypothèse $r < 1/2$. Notre méthode de démonstration repose sur l'emploi d'un lemme de Mlle J. Ferrand (3).

Rappelons le lemme de Mlle Ferrand : soit C_ρ une coupure circulaire de

(1) *Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 260.

(2) *Journ. Math.*, 3e série, 20, 1941, p. 136.

(3) *Thèse Sc. Math.*, Paris, no 2862, p. 24 et suiv.; *Bull. Soc. math. France*, 78, 1942, p. 155.

rayon ρ du cercle-unité (C), centrée au point A de sa circonférence (K); q_ρ la séparatrice qui lui correspond dans le domaine (Γ); pour une plénitude de valeurs de ρ, q_ρ est rectifiable et sa longueur $\lambda(\rho)$ vérifie l'inégalité

$$(1) \qquad \int_0^R \frac{\lambda^2(\rho)}{\rho}\,d\rho < \pi\sigma,$$

σ étant l'aire intérieure du domaine (Γ).

I. Si ρ_1 et ρ_2 ($0 \leqq \rho_1 < \rho_2 < R$) sont des rayons de deux coupures circulaires de (C), on a

$$\int_{\rho_1}^{\rho_2} \frac{\lambda^2(\rho)}{\rho}\,d\rho \leqq \int_0^R \frac{\lambda^2(\rho)}{\rho}\,d\rho < \pi\sigma;$$

on en déduit, Λ_1 étant la limite inférieure des longueurs des séparatrices q_ρ comprises entre q_{ρ_1} et q_{ρ_2},

$$(2) \qquad \Lambda_1^2 < \frac{\pi\sigma}{\operatorname{Log}\frac{\rho_2}{\rho_1}}.$$

II. Reprenons les notations de M. Kravtchenko (*loc. cit.*, p. 139) et transformons conformément (Γ) en le cercle-unité de telle manière qu'aux points $\alpha_1\alpha_3\alpha_4$ de Γ' correspondent les points ACD de (K) ($AC = AD = 1$); B, image de α_2, est alors sur le petit arc $\widehat{AC}$; posons $AB = \rho$. Les longueurs des chemins correspondant dans (Γ) aux coupures circulaires de centre A et de rayon ρ' ($\rho \leqq \rho' \leqq 1$) ont un minimum Λ_1 vérifiant, d'après I, l'inégalité

$$\Lambda_1^2 \leqq \frac{\pi\sigma}{\log\frac{1}{\rho}}.$$

Or ces chemins sont inclus dans ceux joignant intérieurement à (C) les images $\widehat{BC}$ et $\widehat{DA}$ de $\widehat{\alpha_2\alpha_3}$ et $\widehat{\alpha_4\alpha_1}$. Si Λ désigne la plus courte longueur de ces chemins on a

$$(3) \qquad \Lambda^2 \leqq \frac{\pi\sigma}{\log\frac{1}{\rho}}.$$

Soit I le point diamétralement opposé à A sur (K), θ l'angle polaire de B, I étant le pôle et IA l'axe polaire, r le rapport anharmonique (CBDA)

$$r = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}, \operatorname{tang}\theta, -\frac{1}{\sqrt{3}}, 0\right) = \frac{2\sqrt{3}\operatorname{tang}\theta}{1+\sqrt{3}\operatorname{tang}\theta}.$$

On trouve $\rho^{-2} = 3r^{-2} - 3r^{-1} + 1$ et l'on vérifie que, θ variant de 0 à $\pi/6$, la quantité $1/\rho^2 - \sqrt{1/r}$ est positive; (3) donne alors

$$\Lambda^2 < \frac{4\pi\sigma}{\operatorname{Log}\frac{1}{r}} \qquad (0 < r < 1)$$

C. Q. F. D.

Considérons maintenant une transformation *quelconque* transformant conformément (Γ) en (C). Les points $\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$ de Γ' auront pour images $A_1B_1C_1D_1$. On démontre que $(A_1B_1C_1D_1)=(ABCD)$. Par une projection stéréographique ou passe au lemme de M. Kravtchenko.

Remarques. — $\delta=(1/\rho^2)-(1/r^2)$ est positif pour $0<r<(1/2)$; dans ces conditions

$$\Lambda^2\leqq\frac{\pi\sigma}{\operatorname{Log}\frac{1}{r}}.$$

Par contre $\delta=(1/\rho^2)-(1/r^3)$ est toujours négatif.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'équation différentielle de M. Löwner.* Note de M. **Menahem Schiffer**, présentée par M. Paul Montel.

Considérons dans le plan w une courbe $\mathcal{C}$ admettant la représentation paramétrique $w=w(\tau)$, $0\leqq\tau\leqq\infty$, $w(\tau)\neq 0$, $w(\infty)=\infty$, où $w(\tau)$ dépend de τ de façon continue. Désignons par $\mathcal{C}(t)$ la courbe ayant la représentation paramétrique $w(\tau)$, $t\leqq\tau\leqq\infty$, et soit

$$f(z;t)=\gamma(t)[z+a_2(t)z^2+\ldots]$$

la fonction représentant le cercle unité $|z|<1$ sur le plan w, muni de la fente $\mathcal{C}(t)$. D'après K. Löwner [1], $f(z,t)$ est dérivable par rapport à t et, pour τ choisi convenablement, on a

$$(1)\qquad \frac{\partial}{\partial t}f(z;t)=z\frac{1+\varkappa z}{1-\varkappa z}\frac{\partial}{\partial z}f(z;t)\qquad |\varkappa(t)|=1,$$

avec une fonction $\varkappa=\varkappa(t)$ de module 1, continue en t.

$\varkappa(t)$ est une fonction de la ligne $\mathcal{C}$; sa détermination pour une courbe $\mathcal{C}$ donnée est un problème difficile. Il nous paraît donc intéressant de pouvoir caractériser cette fonction pour une classe assez étendue de courbes $\mathcal{C}$. Soit $P_n(x)$ un polynome en x de degré n. Considérons une courbe $\mathcal{C}$ avec une représentation paramétrique $w(t)$ satisfaisant à l'équation différentielle

$$(2)\qquad \mathcal{J}\{w'(t)^2\,w(t)^{-3}P_n[w(t)^{-1}]\}=0.$$

Des courbes de ce type jouent un rôle important dans le problème des coefficients des fonctions univalentes [2]. Pour cette classe de courbes $\mathcal{C}$, on peut énoncer une propriété importante de $\varkappa(t)$.

Soit $f(z;t)$ la fonction univalente adjointe à $\mathcal{C}(t)$; on a évidemment, pour $|z|=1$,

$$(3)\qquad \mathcal{J}\left\{\left(z\frac{\partial}{\partial z}f(z;t)\right)^2 f(z;t)^{-3}P_n[f(z;t)^{-1}]\right\}=0.$$

---

(1) *Math. Annalen*, 89, 1923, pp. 103-121.

(2) M. Schiffer, *Proc. London Math. Society*, (2), 44, 1938, pp. 432-449.

La fonction $f(z; t)$ est régulière sur la frontière du cercle-unité à l'exception d'un pôle double, correspondant au point à l'infini sur $\mathcal{C}(t)$. Mais le terme $[(\partial/\partial z)f]^2.f^{-3}$ est régulier même en ce point; donc, on tire de (3), à l'aide du principe d'inversion de Schwarz, l'identité

$$(4)\qquad \left(z\frac{\partial}{\partial z}f(z;t)\right)^2 f(z;t)^{-3}\mathrm{P}_n[f(z;t)^{-1}] = q_{n+1}(z;t) = \sum_{\rho=-(n+1)}^{(n+1)} \mathrm{A}_\rho(t)z^\rho,$$

avec

$$\mathrm{A}_{-\rho}(t) = \overline{\mathrm{A}_\rho(t)}.$$

Pour t fixe, on a

$$(4')\qquad \int_0 \sqrt{q_{n+1}(z;t)}\frac{dz}{z} = \int_0^{f(z;t)} \sqrt{\mathrm{P}_n\left(\frac{1}{x}\right)\frac{1}{x^3}}\,dx = \mathcal{J}\{f(z;t)\}.$$

Donc $\mathcal{J}\{f(z;t)\}$ satisfait à la même équation différentielle partielle (1) que $f(z;t)$ et, en introduisant $q_{n+1}(z;t)$ à l'aide de (4'), on obtient après des transformations élémentaires l'équation différentielle

$$(5)\qquad \frac{\partial}{\partial t}q_{n+1}(z;t) = z\frac{1+\varkappa z}{1-\varkappa z}\frac{\partial}{\partial z}q_{n+1}(z;t) + \frac{4\varkappa z}{(1-\varkappa z)^2}q_{n+1}(z;t).$$

En comparant le coefficient de z^ν dans les deux membres de l'équation, on obtient pour les $\mathrm{A}_\nu(t)$ l'équation différentielle

$$(6)\qquad \mathrm{A}'_\nu(t) = \nu\mathrm{A}_\nu(t) + 2\sum_{\rho=-(n+1)}^{\nu-1}(2\nu-\rho)\mathrm{A}_\rho(t)\varkappa(t)^{\nu-\rho}\qquad [\nu = -(n+1), \ldots, (n+1)].$$

Dans l'équation (5), il n'y a pas de termes en z^{n+2} ou z^{n+3}; donc nécessairement

$$(7)\qquad (2n+4)\sum_{\rho=-(n+1)}^{n+1}\mathrm{A}_\rho\varkappa^{n+2-\rho} - \sum_{\rho=-(n+1)}^{n+1}\rho\mathrm{A}_\rho\varkappa^{n+2-\rho} = 0,$$

$$(7')\qquad (2n+6)\sum_{\rho=-(n+1)}^{n+1}\mathrm{A}_\rho\varkappa^{n+3-\rho} - \sum_{\rho=-(n+1)}^{n+1}\rho\mathrm{A}_\rho\varkappa^{n+3-\rho} = 0,$$

ce qui entraîne les équations

$$(8)\qquad \sum_{\rho=-(n+1)}^{n+1}\mathrm{A}_\rho\varkappa^{-\rho} = 0,\qquad\qquad (8')\qquad \sum_{\rho=-(n+1)}^{n+1}\rho\mathrm{A}_\rho\varkappa^{-\rho} = 0.$$

On voit aisément que les équations (8) et (8') sont nécessaires et suffisantes pour que $q_{n+1}(z;t)$ ait la forme demandée. D'ailleurs, (8') est une conséquence de (8) et des équations différentielles (6) pour les $\mathrm{A}_\nu(t)$.

Les équations (8) et (8') sont homogènes et linéaires par rapport aux $\mathcal{A}_\nu(t)$. En dérivant par rapport à t et en éliminant les $\mathrm{A}'_\nu(t)$ à l'aide des formules (6), on obtient de nouvelles expressions homogènes et linéaires par rapport aux A_ν,

avec des coefficients dépendant de $\varkappa(t)$ et de $\varkappa'(t)$. Par différentiations successives, on obtient finalement $(2n+3)$ équations linéaires pour les $(2n+3)$ termes A'_ν, avec des coefficient dépendant de $\varkappa(t)$ et de ses $(2n+1)$ premières dérivées. Il faut donc que le déterminant de ce système d'équations linéaires et homogènes soit égal à zéro, ce qui donne une équation différentielle à coefficients constants pour $\varkappa(t)$, d'ordre $(2n+1)$ au plus. Donc, dans le cas d'une fente (2), la fonction $\varkappa(t)$ satisfait à une équation différentielle et le problème de la représentation conforme du plan muni de cette fente sur le cercle-unité se réduit à l'intégration d'un système d'équations différentielles ordinaires.

Pour $n=1$ par exemple, on établit pour $\varkappa(t)$ l'équation algébrique

$$(9)\qquad 2\mathcal{C}e^{-2t}\varkappa(t)^2+\mathcal{D}e^{-t}\varkappa(t)-\overline{\mathcal{D}}e^{-t}\varkappa(t)^{-1}-2\overline{\mathcal{C}}e^{-2t}\varkappa(t)^{-2}=0,$$

avec les constantes $\mathcal{C}$ et $\mathcal{D}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fractions rationnelles à zéros et pôles réels.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Soit une suite de fractions rationnelles $R_1(z)$, $R_2(z)$, ..., $R_n(z)$, ... ayant chacune tous ses zéros et tous ses pôles réels et soit $\varphi(n)$ une fonction positive de l'entier n.

I. Supposons d'abord tous les zéros et tous les pôles de $R_n(z)$ compris entre deux nombres fixes a et b. Appelons p_n et q_n les degrés du numérateur et du dénominateur de $R_n(x)$, A_n et B_n les coefficients de z^{p_n} et z^{q_n} au numérateur et au dénominateur, et $\nu_n(x)$ le nombre de zéros de $R_n(z)$ *au plus égaux à* x diminué du nombre de pôles $\leqq x$.

Nous considérerons les deux cas suivants :

a. Le rapport $[\nu_n(x)]/[\varphi(n)]$ reste borné indépendamment de x et de n.

b. On a, quel que soit n et quel que soit x, $\nu_n(x)\geqq 0$.

Dans le cas *a*, pour que la suite des fonctions $1/[\varphi(n)]\log|R_n(z)|$ soit convergente en dehors du segment $[a, b]$, il faut et il suffit que :

1° la suite des fonctions M_n définies par $M_n(t)=\dfrac{1}{\varphi(n)}\displaystyle\int_a^t \nu_n(u)\,du$ soit convergente sur le segment $[a, b]$ vers une fonction limite M ;

2° $(p_n-q_n)/[\varphi(n)]$ ait une limite finie h ;

3° $1/[\varphi(n)]\log|A_n/B_n|$ ait une limite finie λ.

Pour le cas *b*, il faut remplacer dans (1) *convergente* par *vaguement convergente* [1].

Dans les deux cas, la convergence de $1/[\varphi(n)]\log|R_n(z)|$ dans un domaine D

[1] Étant donnée une suite de fonctions croissantes ψ_n définies sur un certain intervalle, fini ou non, nous disons qu'elle est vaguement convergente sur cet intervalle vers une fonction croissante ψ si $\psi_n(t)$ tend vers $\psi(t)$ pour toutes les valeurs de t pour lesquelles ψ est continue et aux extrémités de l'intervalle lorsque celles-ci sont finies.

ou sur un segment $[\alpha, \beta]$ de l'axe réel extérieur à $[a, b]$ entraîne la convergence partout en dehors de $[a, b]$ et la connaissance de la limite détermine la fonction M ([2]) et les constantes h et λ.

Dans le cas où le rapport $\max(p_n, q_n)/\varphi(n)$ reste borné, qui est un cas particulier de a, la condition 1° pourrait être remplacée par celle que la suite des fonctions μ_n définies par $\mu_n(t) = 1/[\varphi(n)]\nu_n(t)$ soit convergente en moyenne sur $[a, b]$ vers une fonction μ ([3]).

Exemple. — Soit $P_0(z)$, $P_1(z)$, ..., $P_n(z)$, ... une suite de polynomes orthogonaux sur le segment $[-1, +1]$ et normés. On sait que ces polynomes ont tous leurs zéros réels et compris entre -1 et $+1$, les zéros de $P_n(z)$ et $P_{n+1}(z)$ étant entrelacés. De plus, moyennant des conditions très générales, le rapport $[P_{n+1}(z)]/[P_n(z)]$ tend, à l'extérieur du segment $[-1, +1]$, vers la racine de plus grand module de l'équation $X^2 - 2zX + 1 = 0$. Le résultat relatif au cas b montre que, si l'on désigne par $x_1^{(n)}$, $x_2^{(n)}$, ..., $x_n^{(n)}$ les zéros de $P_n(x)$, pour tout x compris entre -1 et $+1$, l'expression $\sum\limits_{x_r^{(n)} \leqq x} [x_r^{(n)} - x_r^{(n+1)}]$ tend vers $[x(\pi - \operatorname{Arccos} x) + \sqrt{1 - x^2}]/\pi$.

II. Supposons maintenant tous les zéros et tous les pôles de $R_n(z)$ inférieurs à un nombre fixe a. Désignons par $\alpha_1^{(n)}$, ..., $\alpha_r^{(n)}$, ... les zéros et par $\beta_1^{(n)}$, ..., $\beta_r^{(n)}$, ... les pôles et appelons $\nu_n(x)$ le nombre de zéros de $R_n(z)$ *au moins égaux à* x diminué du nombre de pôles $\geqq x$.

Soit A un nombre réel quelconque supérieur à a et supposons que l'on est dans l'un des deux cas suivants :

a. L'expression $\dfrac{1}{\varphi(n)} \operatorname{Max}\left[\sum \dfrac{1}{A - \alpha_r^{(n)}}, \sum \dfrac{1}{A - \beta_r^{(n)}}\right]$ reste bornée;

b. On a, quel que soit n et quel que soit x, $\nu_n(x) \geqq 0$.

Pour que, dans le domaine constitué par le plan privé du segment $[-\infty, a]$ de l'axe réel, la détermination réelle pour z réel $> a$ de $1/[\varphi(n)] \log[R_n(z)]/[R_n(A)]$ converge vers une fonction limite $\Psi_A(z)$, il faut et il suffit que :

1° La suite des fonctions M_n définies pour $t \leqq a$ par $M_n(t) = \dfrac{-1}{\varphi(n)} \displaystyle\int_t^a \nu_n(u)\,du$ soit : convergente pour le cas a, vaguement convergente pour le cas b, vers une fonction limite M;

2° L'expression $\dfrac{1}{\varphi(n)}\left[\sum \dfrac{1}{A - \alpha_r^{(n)}} - \sum \dfrac{1}{A - \beta_r^{(n)}}\right]$ ait une limite finie h.

La convergence de $1/[\varphi(n)] \log|c_n R_n(z)|$, avec des coefficients c_n conve-

---

([2]) Pour le cas b, il faut observer que deux fonctions croissantes définies sur un même intervalle sont regardées comme équivalentes si elles ont mêmes points de discontinuité et sont égales en tous leurs points de continuité et aux extrémités de l'intervalle lorsque celles-ci sont finies.

([3]) C'est-à-dire que $\displaystyle\int_a^b |\mu_n(t) - \mu(t)|\,dt$ tende vers 0.

nables, dans un domaine ou sur un segment de l'axe réel à droite du point a suffit à entraîner ces conditions. La connaissance de la limite détermine la fonction M et la constante h.

Dans le cas a, la condition 1° pourrait être remplacée par celle que la suite des fonctions μ_n définies par $\mu_n(t) = 1/[\varphi(n)]\nu_n(t)$ converge en moyenne sur tout intervalle fini vers une fonction μ.

Exemple. — Les polynomes à coefficients réels définis par

$$P_0(z) = 1, \qquad P_1(z) = \alpha z + \beta,$$
$$(n + a)P_{n+1}(z) - (2n + b + cz)P_n(z) + (n + d)P_{n-1}(z) = 0,$$

avec $a > -1$, $d > -1$, $c > 0$, $\alpha > 0$, ont tous leurs zéros réels et $< \mathrm{Max}[x_0, (1-\beta)/\alpha]$, avec $x_0 = (a + d - b)/c$, les zéros de $P_n(z)$ et de $P_{n+1}(z)$ étant entrelacés.

De plus, pour x réel et $> x_0$, $\sqrt{n}\log[P_{n+1}(x)]/[P_n(x)]$ tend vers $\sqrt{c(x-x_0)}$.

Le résultat relatif au cas (b) montre que, si l'on désigne par $x_1^{(n)}$, $x_2^{(n)}$, ..., $x_n^{(n)}$ les zéros de $P_n(z)$, pour $x \leqq x_0$ l'expression $\sqrt{n} \sum_{x_r^{(n)} \geqq x} [x_r^{(n+1)} - x_r^{(n)}]$ tend vers $2\sqrt{c}(x_0 - x)^{3/2}/(3\pi)$.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Sur les phénomènes de rétablissement de la tension d'étincelle en très haute fréquence.* Note de M. **Stanislas Teszner**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une précédente Note, nous avons esquissé le mécanisme de l'élévation de la tension équivalente de l'étincelle pour de très hautes fréquences du courant et nous avons montré l'importance que jouent, ici, les pointes dites de rétablissement ou de réamorçage de la tension. Dans la présente Note, nous nous proposons d'analyser plus en détail l'entité physique de ces phénomènes. Comme précédemment, nous supposerons pratiquement inexistante l'émission thermoionique à partir des électrodes.

Pour assurer le rétablissement de l'étincelle avec le courant inversé : *a.* les électrons séparés de la nouvelle anode par l'écran des ions positifs, reliquat de l'espace cathodique de la précédente demi-période, devront être amenés à l'anode; *b.* un champ capable de provoquer, en un temps extrêmement bref, un flot d'électrons devra être produit dans le nouvel espace cathodique. La condition a exigera le développement des tensions V_1, V_2, amenant les électrons sur la nouvelle anode; la condition b demandera une tension V_3, déterminant le champ défini ci-dessus.

Il est visible que la tension V_1 aura pour effet de compenser la pointe dite d'extinction; seules donc les tensions V_2 et V_3 entreront en ligne de compte pour la formation de la pointe de rétablissement.

Envisageons le cas d'un circuit oscillant comportant une étincelle.

L'extinction passagère de celle-ci provoquant l'ouverture du circuit, déclenche une oscillation avec pulsation $\omega_0 \geqq 2\omega_f$ (ω_f — pulsation du circuit, fermé par l'étincelle). Si l'on néglige l'amplitude V_1 de la pointe d'extinction vis-à-vis de la tension U de charge du circuit, le rétablissement de la tension tendra à se faire suivant la loi : $u = 2U \sin\omega_0 t$. Cette montée de la tension sera arrêtée par le rétablissement de la décharge, qui se produira dès que les conditions *a* et *b* seront réalisées. Plus la montée de la tension u sera rapide, plus les tensions nécessaires à satisfaire ces conditions seront élevées; l'amplitude $(V_2 + V_3)$ augmentera, ainsi, avec ω_0 et U. Par ordre logique, considérons d'abord la tension V_3.

Des mécanismes possibles de formation de l'avalanche électronique dans l'espace cathodique nous retiendrons, en très haute fréquence, surtout l'extraction massive d'électrons de la cathode par le champ électrique, comme paraissant la plus apte à provoquer la formation massive d'électrons, en un temps extrêmement bref qui est ici requis. La tension V_3 sera appliquée entre la cathode et la charge des ions positifs la plus proche, soit dans l'ancien espace anodique. En très haute fréquence, de l'ordre de 10^8 p/s et davantage, où l'on peut admettre que les charges des ions positifs demeurent pratiquement immobiles, il paraît plausible de prendre pour d_1, épaisseur de l'intervalle considéré, une limite supérieure du libre parcours électronique à la température estimée de l'espace gazeux (de l'ordre de 5000° K), soit, dans l'air à la pression atmosphérique, de l'ordre de 10^{-3} cm. Or, comme il faut un champ de l'ordre de 1000 kV/cm pour provoquer une extraction massive d'électrons, on trouve que la limite supérieure de V_3 serait de l'ordre de 1000 volts.

C'est effectivement la pointe de rétablissement que l'on trouve expérimentalement en moyenne fréquence, de l'ordre de 10^6 p/s, lorsque la tension V_2 est encore pratiquement négligeable. En effet, tandis que la tension V_3 *varie assez faiblement* avec la fréquence (lorsque celle-ci augmente, d'une part, le temps dévolu à la formation de l'avalanche diminue, mais, d'autre part, l'intervalle d_1 décroît également), par contre, la tension V_2 paraît suivre, en fonction de la fréquence, une *loi de variation assez rapide*.

Pour déduire l'expression de V_2, admettons la loi de variation de la vitesse des électrons suivant la racine carrée du champ électrique (loi valable pour champs élevés); on peut alors écrire

$$\frac{dx}{dt} = k\sqrt{\frac{2U(\sin\omega_0 t - \sin\omega_0 t_i)}{d_2 - x}},$$

où x est la variable distance, t, variable temps; t_i, origine de temps, d_2, intervalle séparant les électrons de l'anode; k, constante, égale, dans l'air et à la pression atmosphérique, à $4{,}3.10^6$ en système C. G. S.

Étant donné que $\omega_0 t$ et $\omega_0 t_i$ sont également très faibles vis-à-vis de $\pi/2$,

on pourra confondre le sinus avec l'angle et l'on trouve

$$\int_0^{d_2} \sqrt{d_2 - x}\, dx = \sqrt{2k^2\omega_0 U} \int_{t_i}^{t_2} \sqrt{t - t_i}\, dt,$$

d'où

$$V_2 \cong 2U\omega_0(t_2 - t_i) = \left(\frac{2\omega_0 U}{k}\right)^{\frac{2}{3}} d_2 \text{ en U.C.G.S.}$$

Fixons les idées sur quelques ordres de grandeur. Prenons

$$d_2 = d_1 = 10^{-3}\,\text{cm},$$

ce qui est manifestement une limite supérieure;

$$U = 30\,000\,\text{V} = 100 \text{ U.C.G.S.}; \qquad \omega_0 = 10^8.$$

On trouve alors

$$V_2 \cong 0{,}3 \text{ U.C.G.S.},$$

donc pratiquement négligeable vis-à-vis de V_3. Par contre, si l'on prend

$$\omega_0 = 4\pi.10^9\,\text{p/s} \qquad (\text{donc } f_0 = 2.10^9\,\text{p/s et } f_f \leqq 10^9\,\text{p/s}),$$

on trouve

$$V_2 \cong 6{,}9 \text{ U.C.G.S.} \cong 2000\,\text{V}.$$

La présence de cette composante triple ici l'amplitude de la pointe de rétablissement.

On remarque que V_2 croît de même suivant la puissance 2/3 de U et d'autre part qu'avec l'augmentation de la pointe, la durée totale du régime de rétablissement augmente également. On conçoit ainsi les raisons pour lesquelles l'application des étincelles, sous leur forme classique, à la production des oscillations peu amorties des fréquences de l'ordre de 10^9 p/s, doive se heurter à de grosses difficultés.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet de scintillation.*

Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

A. *Introduction.* — Johnson [1] a montré que l'effet de grenaille d'un courant thermoélectronique présente souvent, aux très basses fréquences et pour les fortes valeurs du courant moyen, une composante spectrale d'intensité anormalement grande. Le phénomène qui se superpose alors à l'effet de grenaille

---

(1) *Phys. Review*, 26, 1925, pp. 71-85.

pur est connu sous le nom d'*effet de scintillation*. Schottky [2] l'attribue à des modifications désordonnées des propriétés émissives de la cathode dues aux fluctuations du nombre d'atomes adsorbés à la surface de cette dernière. Plus récemment, Surdin [3] a montré que l'effet de scintillation pouvait aussi être expliqué par les fluctuations du nombre des électrons libres dans le métal, et ainsi, être rattaché à l'effet Bernamont [4].

Dans les deux cas on est conduit à étudier les fluctuations du nombre de particules qui se trouvent dans un certain état (électrons libres ou atomes adsorbés). Les deux points de vue conduisent à des hypothèses mathématiques équivalentes. Je vais indiquer une méthode de calcul, que j'explicite en adoptant la terminologie de Schottky.

Les hypothèses sont les suivantes :

1° Les instants où un atome se fixe sur la surface sont répartis à la Poisson (densité ρ).

2° La probabilité pour qu'un atome fixé en t_0 quitte la surface entre t et $t+dt$ est $(1/\tau)e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$; les atomes sont indépendants les uns des autres.

n_1 et n_2 étant les nombres d'atomes respectivement présents sur la surface en t_1 et t_2, je me propose d'étudier l'ensemble des deux variables aléatoires liées n_1 et n_2.

B. *Méthode de calcul.* — Le plus simple est de calculer la fonction caractéristique associée $\Phi[u_1, u_2]$. On peut supposer l'axe des temps divisé en petits intervalles égaux Δt_j; soient n_j le nombre d'atomes fixés durant Δt_i, $n_{1,j}$ et $n_{2,j}$ ceux qui sont encore présents respectivement en t_1 et t_2. On a

$$n_1 = \sum_j n_{i,j} \quad \text{et} \quad n_2 = \sum_j n_{2,j}. \tag{1}$$

A cause de l'indépendance statistique des différentes cases, on a

$$\mathrm{L}\Phi\{u_1, u_2\} = \sum_j \mathrm{L}\{\overline{e^{iu_1 n_{1j} + iu_2 n_{2j}}}\} = \sum_j \mathrm{L}\Phi_j; \tag{2}$$

$\mathrm{L}\Phi_j$ est la contribution à $\mathrm{L}\Phi$ de la case Δt_j. Le calcul de $\mathrm{L}\Phi_j$ résulte de la considération des différentes éventualités intéressant cette case. On peut, *a priori*, dans le calcul de $\mathrm{L}\Phi_j$, négliger les infiniment petits en Δt d'ordre égal ou supérieur au second. Voici, pour les diverses positions de t_j par rapport à t_1 et t_2 ($t_1 < t_2$), les différents cas possibles avec les probabilités respectives :

---

(2) *Phys. Review*, **28**, 1926, pp. 74-103.
(3) *Journal de Physique*, **10**, 1939, p. 188.
(4) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1755.

		n_j	$n_{1,j}$	$n_{2,j}$	Probabilités.
1° $t_j < t_1 < t_2$.	a.	0.......	0	0	$1-\rho\,\Delta t$
	b.	1.......	0	0	$\rho\,\Delta t\left[1-e^{-\frac{t_1-t_j}{\tau}}\right]$
			1	0	$\rho\,\Delta t\left[e^{-\frac{t_1-t_j}{\tau}}-e^{-\frac{t_2-t_j}{\tau}}\right]$
			1	1	$\rho\,\Delta t\,e^{-\frac{t_2-t_j}{\tau}}$
2° $t_1 < t_j < t_2$.	a.	0.......	0	0	$1-\rho\,\Delta t$
	b.	1.......	0	0	$\rho\,\Delta t\left[1-e^{-\frac{t_2-t_j}{\tau}}\right]$
			0	1	$\rho\,\Delta t\,e^{-\frac{t_2-t_j}{\tau}}$

On calcule alors $L\Phi$ par sommation.

C. *Résultats.* — On obtient, quels que soient ρ et τ,

$$L\Phi = \rho\tau\left\{(e^{iu_1}-1)+(e^{iu_2}-1)+(e^{iu_1}-1)(e^{iu_2}-1)\,e^{-\frac{|t_2-t_1|}{\tau}}\right\}. \tag{3}$$

La relation (3) donne tout de suite tous les moments $\overline{n_1^{p_1}n_2^{p_2}}$ (p_1 et p_2 entiers positifs). En particulier, on a

$$\overline{n_1 n_2} = \rho\tau\,e^{-\frac{|t_2-t_1|}{\tau}}. \tag{4}$$

Pour $\rho\tau$ *très grand,* comme dans le cas de l'effet de grenaille pur ([5]), on peut introduire l'approximation laplacienne tangente. Elle s'exprime simplement en posant $n' = n - \overline{n}/\sqrt{\rho\tau}$. La probabilité d'avoir $n'_1 = X_1$ et $n'_2 = X_2$ (à dX_1 et dX_2 près) est donnée par

$$dP = \frac{1}{2\pi}\,\frac{1}{\sqrt{C^2(0)-C^2(\theta)}}\,e^{-\frac{1}{2}\,\frac{C(0)[X_1^2+X_2^2]-2C(\theta)X_1X_2}{C^2(0)-C^2(\theta)}}\,dX_1\,dX_2, \tag{5}$$

où

$$C(\theta) = e^{-\frac{|\theta|}{\tau}} \qquad \text{avec } \theta = t_2 - t_1.$$

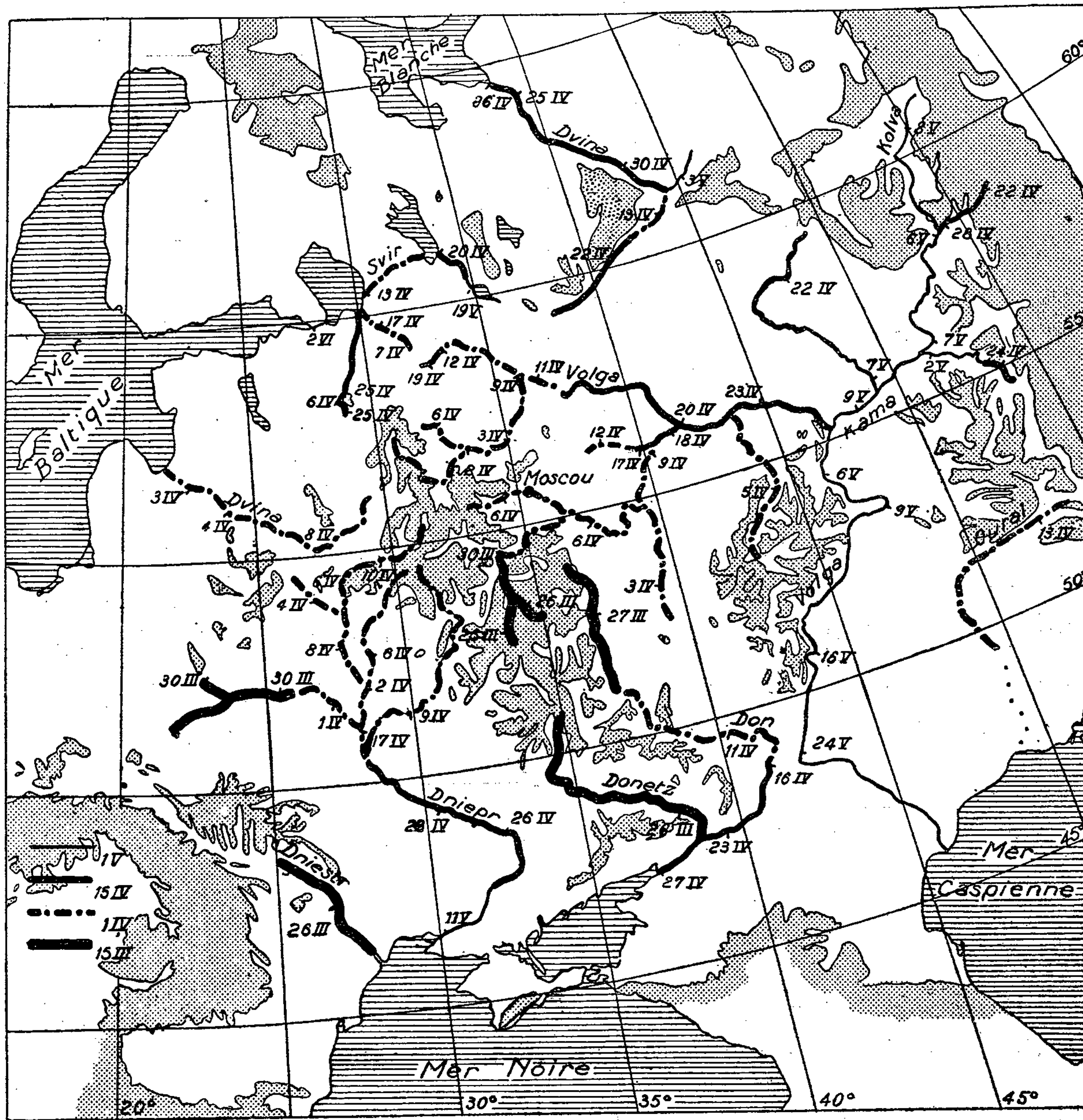
Ces fluctuations sont analogues aux fluctuations de d. d. p. observées aux bornes d'une résistance pure shuntée par son condensateur.

HYDROLOGIE. — *La répartition de la date médiane de la crue de printemps en U. R. S. S.* Note de M. **Vladimir Frolow**.

L'objet de cette Note est de faire ressortir que l'étude de la répartition géographique de la médiane d'une grandeur hydrologique, donne un moyen de reconnaître et d'apprécier l'influence de la morphologie du bassin sur l'écoulement. Je donne dans une autre publication l'application de cette méthode à un territoire restreint, mais il est utile d'en faire une à un territoire beaucoup plus vaste. Cette Note est justement consacrée à la

([5]) Blanc-Lapierre, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 42.

partie européenne de l'U. R. S. S., à l'exclusion de la bordure occidentale de ce pays. On s'est donc placé volontairement dans les limites d'un régime d'alimentation de l'écoulement fluvial caractérisé par la crue principale de printemps due à la fonte des neiges. On est ici en présence d'un phénomène bien défini, conditionné surtout par la température et par la quantité de neige conservée au moment de l'établissement des températures positives. Les données utilisées s'étendent de 1881 à 1910.



Surface grisée : au-dessus de 200m.

La carte accompagnant cette Note montre, par la grosseur du trait, la répartition de la date médiane du maximum de la crue de printemps. On y voit que cette répartition est loin de suivre la règle simple d'un retard augmentant vers le Nord sous l'influence normale de la latitude. Celle-ci apparaît cependant lorsqu'on compare les hauts cours, où la date médiane du maximum de printemps varie entre la fin mars (Donietz du Nord), au Sud, et le début mai (Kolva), au Nord. Mais le fait important, visible sur la carte, est l'avance de cette date dans la région des sources

du Don, du Donietz du Nord et de l'Oka par rapport à celle du Dniepr et de ses affluents. La première de ces deux régions est celle des hauteurs de la Russie centrale, restée en dehors du glacier du Nord, et moins boisée actuellement que la plaine du Dniepr. La différence de date constatée montre l'influence combinée des pentes et de la couverture sur la rapidité de la concentration de la crue de printemps. L'effet de la fonte des neiges sur les collines précède de 10 à 15 jours celui de la fonte dans les plaines d'altitude moindre et de formations de couverture absorbant un volume d'eau plus grand. La différence entre le cours supérieur du Don et les sources de la Soj, situées plus à l'Est, est très significative à ce dernier égard. La Soj est dans les dépôts glaciaires, et il y a un retard de date médiane du maximum de printemps de 7 jours. De même pour la région de la Moskva comparée à celle de l'Oka supérieure. Ici l'importance de l'alimentation par les eaux retardées par le sol et la couverture végétale ressort du fait que la crue de date médiane sur le cours moyen de l'Oka n'est pas aussi avancée comme on aurait dû s'y attendre d'après la date aux sources de l'Oka.

Dans la partie Ouest de la carte, la Pripiat montre une avance considérable, que l'on apprécie en comparant sa date à celle du Dniestr. Les conditions du bassin de la Pripiat sont assez différentes du reste du territoire étudié. L'absence de pente y détermine l'accumulation de masses considérables des eaux superficielles ou sub-superficielles des marais, ce qui avance la fonte des neiges.

Ainsi la méthode des médianes permet de caractériser le territoire étudié, en ce qui concerne la dépendance de l'écoulement de la morphologie du bassin, d'une manière particulière, comportant l'évaluation numérique des différences. Ceci peut justifier son application.

En comparant la carte accompagnant cette Note avec celle que l'on obtient par l'application de la méthode d'analyse par combinaisons linéaires d'ordonnées due à M. et Mme Labrouste (2), on voit un très bon accord entre les résultats des deux méthodes. Chacune d'elles a ses qualités et son champ d'application. Tandis que la méthode de M. et Mme Labrouste ne demande que cinq années d'observations *continues* pour que l'on puisse bien isoler la composante annuelle et étudier la répartition de sa phase aux différentes échelles, celle des médianes n'est applicable que sur des séries longues d'une trentaine d'années. Mais dans ce cas les séries peuvent être *discontinues*, ne laissant subsister que les observations relatives au phénomène précis envisagé. L'utilisation des deux méthodes permet l'exploitation de presque toutes les séries hydrométriques dans les investigations des rapports entre les formes du bassin et l'écoulement.

---

(2) *Comptes rendus*, **211**, 1940, pp. 506-507.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'altitude des couches luminescentes de la haute atmosphère.* Note de MM. **Jean Dufay** et **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. Charles Fabry.

1. La mesure de l'intensité des radiations à différentes distances du zénith permet en principe d'évaluer l'altitude des couches atmosphériques luminescentes pendant la nuit. Près de l'horizon en effet, l'intensité dépend à la fois de la distance zénithale et de l'altitude; dans le cas d'une couche *mince*, elle s'exprime par une formule simple, aujourd'hui classique.

La méthode suppose évidemment que l'intensité des radiations est, au même instant, la même au zénith de stations distantes de plusieurs centaines de kilomètres. Or il n'en est certainement rien. Des observations préliminaires, faites en visant simultanément dans trois azimuts différant de 90 et 180°, à la même distance zénithale (70°), nous ont en effet montré que, par ciel pur, l'intensité d'une raie pouvait varier d'un point à l'autre dans le rapport de 1 à 2 ou 2,5. L'hétérogénéité des couches luminescentes rend ainsi illusoire toute tentative de mesure d'altitude basée sur une seule nuit d'observation, et c'est tout au plus si l'on peut conserver l'espoir d'atteindre une altitude moyenne raisonnable en prenant la moyenne des mesures faites pendant un grand nombre de nuits. Elvey et Miss Farnsworth [1], qui ont bien vu cette difficulté, ont ainsi pris la moyenne de 25 observations distinctes.

2. Mais il existe une autre raison de mettre en doute l'exactitude des résultats publiés par ces auteurs aussi bien que par Abadie, Vassy et Mme Vassy [2]. La lumière reçue en visant assez près de l'horizon contient une forte proportion de lumière diffusée [3]. Pour chercher à en tenir compte, Elvey et Miss Farnsworth se sont bornés à diviser arbitrairement par 2 les coefficients d'absorption atmosphériques, tandis qu'Abadie, Vassy et Mme Vassy négligeaient complètement la lumière diffusée.

3. Pendant les années 1942 et 1943, nous avons effectué à l'Observatoire de Haute Provence une centaine de mesures du rapport K entre les intensités à 70° du zénith (généralement vers l'Ouest) et à 20° du zénith (généralement vers l'Est). Les deux régions étaient visées simultanément avec le même spectrographe, au moyen d'un prisme à réflexion totale. Nos mesures photométriques, dont la technique a été indiquée dans une Note précédente [4], ont porté sur les raies 5577 Å et 6300 Å de l'oxygène et sur la raie 5892 Å du sodium; elles ont été corrigées du fond continu superposé.

---

(1) *Astrophysical Journal*, **96**, 1942, p. 451.

(2) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 610; **218**, 1944, p. 164; *Journal de Physique* (VIII), 5, 1944, p. 21 S.

(3) J. Dufay, *Thèse*, Paris, p. 133.

(4) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 802.

Les courbes de fréquence des rapports K relatifs aux trois raies montrent une grande dispersion, mais aussi des maxima fort nets pour des valeurs de K comprises entre 2,0 et 2,2. Pour calculer les moyennes les plus probables, nous éliminons, dans le cas de la raie rouge observée vers l'Ouest, les poses commencées moins de 1 heure 30 minutes après la fin du crépuscule astronomique, pour éviter l'excitation postcrépusculaire de la raie. Dans le cas des raies verte et jaune, nous éliminons les poses où l'intensité des raies est anormalement forte, car elles donnent aussi des rapports aberrants. Pour tenir compte de la lumière diffusée dans le calcul des altitudes z des couches minces correspondantes, nous avons suivi la méthode exposée récemment par Barbier ([5]), à la fois plus élégante, plus expéditive et plus sûre que celle développée autrefois par l'un de nous ([3]). En admettant que l'absorption atmosphérique résulte de la diffusion moléculaire et de l'absorption par une couche d'ozone de $0^{cm},25$ d'épaisseur, dans les conditions normales, située à 25^{km} d'altitude, nous obtenons les nombres du tableau ci-dessous :

	K.	z.	K'.	z'.
5577 Å.........	2,15	68 km	(2,69 ?)	(100 ?) km
5892..........	2,19	66	2,74	107
6300..........	2,09	158	2,70	158

4. Dans une deuxième série d'observations, faite pendant l'hiver 1943-1944, nous avons mesuré le rapport K' entre les intensités à 80° du zénith (vers le Nord) et à 10° du zénith (vers le Sud). Il est beaucoup plus sensible à l'altitude, mais aussi sujet à de plus grandes variations. Bien que nous ayons été arrêtés après 25 mesures seulement par l'impossibilité de nous procurer des plaques assez sensibles, les courbes de fréquence relatives aux raies 5892 et 6300 Å présentent encore des maxima nets vers K' = 2,70, mais, pour la raie 5577 Å, les nombres sont extraordinairement dispersés. Les moyennes adoptées et les altitudes correspondantes z' se trouvent aussi dans le tableau précédent.

5. Les résultats des deux séries de mesures ne concordent vraiment bien que pour la raie 6300 Å. Il paraît donc raisonnable de conclure provisoirement que les raies 5577 et 5892 Å doivent être émises à des altitudes voisines l'une de l'autre, de l'ordre de 65 à 100^{km}, et que la raie 6300 Å est émise à une altitude supérieure, de l'ordre de 160^{km}.

Rappelons qu'Elvey et Miss Farnsworth avaient trouvé 500^{km} environ pour les deux raies de l'oxygène et la bande voisine de 6560 Å, alors que, pour rendre compte de leurs observations, Abadie, Vassy et Mme Vassy avaient imaginé l'existence de deux couches lumineuses de brillances comparables situées l'une vers 65 à 70^{km}, l'autre à 1 millier de kilomètres d'altitude.

([5]) *Annales de Géophysique*, 1, 1944, p. 144.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Le tétrachlorure de carbone, agent très efficace de lutte contre les insectes destructeurs de denrées alimentaires.* Note de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les circonstances dans lesquelles vit le peuple français, depuis plusieurs années, ont obligé beaucoup de gens prévoyants à faire, pendant leur séjour dans les campagnes, certaines provisions de légumes secs et souvent aussi de viandes salées ou fumées. D'autre part la difficulté des transports a obligé des producteurs ou des répartiteurs de céréales à emmagasiner, plus longtemps qu'il n'aurait fallu, de grands stocks, qui ont été souvent la proie des charançons. Ces derniers ont parfois transformé en poussière les grains d'orge destinés à remplacer le café, conservés précieusement dans quelque sac de toile.

Depuis longtemps, le sulfure de carbone a été utilisé dans les grands entrepôts et dans les élévateurs de grains. Mais cette substance, très inflammable, explosible, toxique, ne peut guère être employée dans l'économie ménagère qui nous intéresse particulièrement. Par contre le tétrachlorure de carbone, qui est un excellent insecticide, n'est pas inflammable, possède une odeur éthérée agréable et n'est pas toxique pour l'homme [1], chez lequel il est employé comme anthelminthique.

Le tétrachlorure de carbone est employé depuis très longtemps par les collectionneurs d'insectes qui, dans les pays humides, le préfèrent comme insecticide au cyanure de potassium qui y devient déliquescent. Depuis quelques années nous nous servons de ce produit, à la Station expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire), pour tuer tous les insectes que nous désirons conserver pour les collections et surtout pour détruire les insectes qui parasitent les graines et les denrées alimentaires.

En quelques heures, les bruches des haricots (*Acanthoscelides obtectus*), les calandres (*Calandra granaria*) des graines de maïs et d'orge sont tués à l'intérieur des graines, qui, quand elles ne sont pas trop attaquées, ne perdent pas leur pouvoir germinatif. C'est pourquoi nous traitons systématiquement par le tétrachlorure toutes les graines récoltées et destinées aux semailles de l'année suivante.

---

(1) Le tétrachlorure de carbone, qui peut être obtenu à peu près pur et présente une composition chimique constante, a été préconisé pour le traitement des helminthiases des animaux par M. C. Hall, en 1921. Dès 1922 d'excellents résultats ont été obtenus chez l'homme par Lambert, aux îles Fidji, où 1 000 Européens, 6500 Hindous et 13 000 Fidjiens avaient été traités pour ankylostomose. Depuis cette époque, ce produit a été utilisé dans toutes les régions tropicales du Globe où sévit cette maladie. On le donne à la dose de $0^{cm^3},2$ par année d'âge jusqu'à 15 ans, avec un maximum de 3 à 4^{cm^3}. D'après Smith (1925), les accidents toxiques mortels, très rares d'ailleurs, attribués à ces médicaments sont dus aux impuretés, en particulier au sulfure de carbone qu'il peut renfermer.

Les dermestes du lard (*D. lardarius*), qui s'attaquent aux salaisons, aux viandes fumées de Porc ou de Veau, sont aussi détruits en quelques heures.

Nous n'aurions pas publié cette Note si nous n'avions lu dans le magistral ouvrage de Balachowsky et F. Mesnil [2], en note, à la page 1854 du volume de 1936, que « l'emploi de ce produit a été maintes fois recommandé en remplacement du sulfure de carbone, mais que son pouvoir insecticide est très faible et sa volatilité insuffisante ». Or nous ne saurions accepter l'opinion de ces auteurs. En effet, si nous mettons une boîte métallique, percée de trous renfermant du coton imbibé de 5 ou 10^g de tétrachlorure, au fond d'un bocal de verre de 5 litres, haut de 32^{cm}, rempli d'orge rongé par d'innombrables *Calandra granaria*, nous verrons, en quelques heures, les insectes fuir le fond du bocal et remonter vers le haut, puis succomber en masse après une douzaine d'heures, en été tout au moins; le bocal étant simplement fermé par trois épaisseurs de papier de journal.

Par ce même procédé, nous avons obtenu, en 24 heures, en été, la destruction des bruches du haricot à l'intérieur des graines, ainsi que la mort de certaines espèces de chenilles de papillons s'attaquant à la farine, au son et aux conserves de haricots verts, séchés après avoir été ébouillantés.

Pour les salaisons et la viande fumée, d'un volume plus ou moins considérable, une lessiveuse, hermétiquement fermée et dont les bords du couvercle peuvent être colmatés avec de la terre glaise, suffit pour la destruction des dermestes.

En résumé, le tétrachlorure de carbone remplit toutes les conditions demandées à un bon insecticide :

1° C'est un liquide qui possède une tension de vapeur suffisante pour se volatiliser à la température ordinaire, en été tout au moins.

2° Les vapeurs se diffusent rapidement à travers les masses à désinsectiser.

3° Ce liquide s'évapore sans laisser de traces et ne donne aucun goût particulier aux grains et aux légumes secs traités.

4° Même après un séjour de quatre jours avec des graines, il n'empêche pas la germination de ces dernières.

5° Il n'est ni inflammable, ni explosif.

6° Il n'est pratiquement pas toxique pour l'homme.

7° Enfin son prix de revient est peu élevé.

Telles sont les raisons pour lesquelles, dans les conditions actuelles, ce produit, facile à se procurer dans le commerce, doit être conseillé aux agriculteurs et aux ménagères.

---

(2) *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Leurs mœurs. Leur destruction.* Paris, 1935 et 1936.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur les affinités du Daman* (Procavia).
Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le Daman, Hyrax ou *Procavia*, est un petit Mammifère très énigmatique, répandu en Afrique et en Syrie. Son aspect extérieur est celui d'un Rongeur et tous les anciens zoologistes l'ont considéré comme tel. G. Cuvier, le premier, montra les différences qui le séparent des Rongeurs. Plusieurs caractères fondamentaux, l'axe d'appui des extrémités passant par le rayon nº 3, la morphologie des hémisphères cérébraux, la présence d'une poche gutturale, diverticule de la trompe d'Eustache, en font, avec évidence, comme des travaux récents ont contribué à l'établir, un Ongulé périssodactyle. Le Daman, il est vrai, est le seul Ongulé actuel de taille si réduite, mais, à l'époque tertiaire, il a vécu des Ongulés très petits, l'*Hyracotherium leporinum* Owen, de l'Éocène (London Clay), par exemple.

Les particularités qui rapprochent le Daman des Rongeurs, comme la plantigradie et le grand développement de l'os intermaxillaire, sont, en réalité, des caractères archaïques.

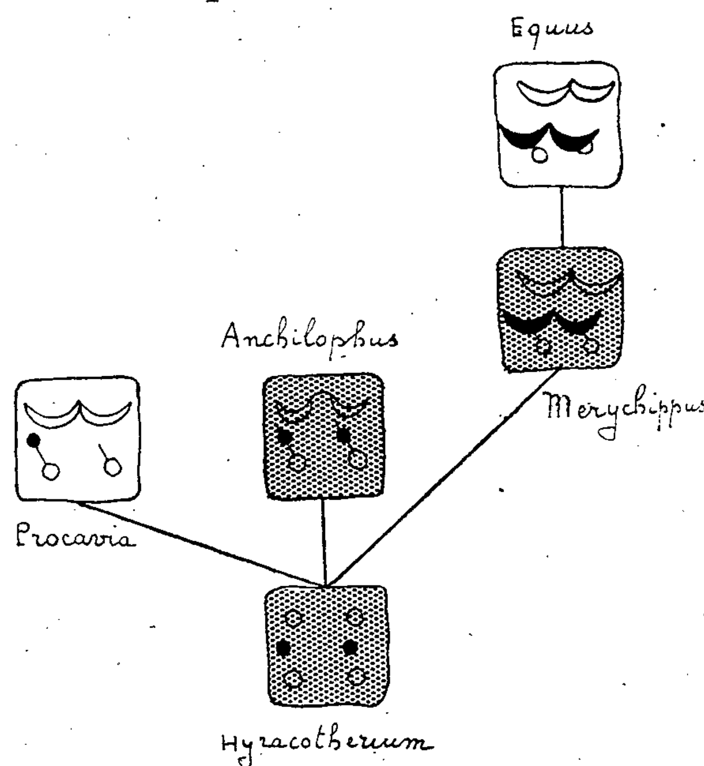


Schéma destiné à faire comprendre l'évolution des molaires supérieures des Équidés primitifs (au milieu), du *Procavia* (à gauche) et des Équidés encore actuels (à droite). La molaire choisie est la première M^1; sa face externe est en haut, sa face antérieure, à gauche; les tubercules intermédiaires sont en noir. La molaire des formes éteintes : *Hyracotherium* (Éocène inférieur), *Anchilophus* (Éocène supérieur), *Merychippus* (Miocène), est en grisé; celle des formes actuelles : *Procavia, Equus*, en blanc.

Au cours d'une mission du Ministère de l'Éducation nationale, et grâce à M. H. Schouteden, Directeur du Musée du Congo belge, j'ai pu effectuer, à Tervueren, des recherches sur le développement de la dentition du Daman, recherches qui me permettent de préciser, par un critère de grande importance, la position systématique de cet animal.

La formule du *Procavia*, pour l'une et l'autre dentitions, est, d'après A. Brauer (1913) :

$$\begin{array}{llllllll} it\ldots & 3 & ct\ldots & 1 & mt\ldots & 4 & & \\ I\ldots & \frac{1}{2} & C\ldots & \frac{0}{0} & P\ldots & \frac{4}{4} & M\ldots & \frac{3}{3}. \\ it\ldots & 3 & ct\ldots & 1 & mt\ldots & 4 & & \end{array}$$

Les dents jugales (molaires et prémolaires), toujours plus ou moins abrasées par l'usage, rappellent, jusqu'à un certain point, celles du Rhinocéros; mais leur véritable morphologie, au stade vierge, intra-alvéolaire, était, jusqu'ici, inconnue; c'est à ce stade que j'ai étudié les molaires temporaires d'un jeune Daman et les molaires définitives d'un sujet presque adulte.

Au maxillaire supérieur, toutes ces dents présentent deux tubercules externes, en croissant, deux tubercules internes et deux crêtes obliques qui, partant des tubercules internes, se dirigent de dedans en dehors et d'arrière en avant, la crête antérieure aboutissant à un petit tubercule, l'intermédiaire antérieur (protoconule). Cette disposition, légèrement tœchodonte (1), rappelle ce qu'on observe aux molaires supérieures des Équidés primitifs : l'*Anchilophus* (Éocène supérieur d'Europe) et le *Mesohippus* (Oligocène nord-américain) surtout dont le type morphologique, bien que déjà évolué, est encore celui constaté à l'origine de tous les groupes mammaliens placentaires, à savoir : trois rangées longitudinales de tubercules : deux externes, deux intermédiaires, deux internes (2), la rangée intermédiaire tendant à disparaître chez le Daman, en commençant par le tubercule postérieur (métaconule) qui n'existe plus.

Au maxillaire inférieur, les molaires, constituées de deux crêtes en V ouvertes du côté lingual, dont l'antérieure est, de beaucoup, la plus réduite, dérivent, également, du type cuspidien des Équidés archaïques (*Anchilophus*) à quatre tubercules, deux externes et deux internes, où les externes, déjà en croissant, sont unis, vers l'arrière, aux internes; ces derniers ne sont plus discernables chez le *Procavia*.

Il convient de souligner que les formes primitives d'Équidés, l'*Hyracotherium* surtout, étaient brachyodontes, la morphologie des molaires étant distincte chez l'adulte. Au cours des temps géologiques, on assiste, dans ce groupe, à l'évolution de l'hypsodontie, et, chez le Daman, comme chez le Cheval actuel, les molaires sont abrasées dès leur sortie de l'alvéole.

En résumé, au point de vue dentaire, le Daman se rapproche surtout des Équidés primitifs, à formule cuspidienne des molaires $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$ et à légère tœchodontie. Il est plus évolué qu'eux, et l'évolution s'est produite, au maxillaire supérieur, par effacement des tubercules intermédiaires, en commençant par le postérieur, et, au maxillaire inférieur, par effacement des tubercules internes. Il s'éloigne, par contre, de la lignée des Équidés encore actuels (*Equus*), dont l'évolution s'affirme, au cours de l'époque tertiaire, par la prépondérance, aux molaires supé-

(1) J'ai nommé tœchodontes (de τοῖχος, muraille) les molaires dont les tubercules se disposent, secondairement, en crêtes transversales (M. Friant, *Publications du Muséum*, **1**, 1933, p. 114).

(2) M. Friant, *Publications du Muséum*, **1**, 1933, p. 123; *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1135.

rieures, des tubercules intermédiaires (3) et l'établissement du type bélodonte (4).

La dentition du Daman permet donc de préciser les affinités de ce Mammifère : il constitue, de nos jours, le témoin d'un groupe archaïque d'Ongulés périssodactyles proche de la souche ancestrale des Équidés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la plasticité des tissus dans le complexus urogénital du Singe femelle au moment de sa naissance.* Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des travaux précédents ont indiqué, que, chez le Cobaye femelle, deux groupes de tissus, dans son système urogénital, gardent une plasticité remarquable, et ceci à une période avancée de la vie embryonnaire. Ce sont la cellule germinale dans l'ovaire et le groupe de tissus qui, normalement, dans le sexe mâle, sert à former le pénis et, dans le sexe femelle, se transforme en clitoris.

Chez le Singe en est-il de même, plus particulièrement au moment de sa naissance ? A ce moment les organes génitaux externes du Singe ont atteint leur différenciation définitive : les deux conduits de la femelle, l'urèthre et le vagin, sont distincts ; au devant de l'orifice uréthral se trouve un nodule tissulaire, le clitoris. A l'âge d'un mois, le clitoris se présente, chez le *Macacus rhesus*, sous la forme d'un bourgeon insignifiant, recouvert d'un repli cutané, fermement accolé au tissu caverneux sous-jacent.

Cet organe rudimentaire a révélé une faculté étonnante de réagir à l'hormone mâle. Des injections hebdomadaires (50^{mg} de propionate de testostérone par injection) furent faites à une femelle, depuis sa naissance.

Il suffit de dire, qu'au bout d'un mois (après 4 injections), la petite femelle a dû être séparée de sa mère (normalement le bébé est accroché à sa mère dans une étreinte étroite), et pour une raison assez inattendue : la mère tiraillait constamment l'organe assez volumineux qui se trouvait dans la région génitale externe de sa fille. Le tissu caverneux du clitoris avait subi une croissance intense, plus rapide que le repli cutané qui l'entourait et proéminait fortement; ces tiraillements causèrent des écorchures à la surface de l'organe.

La testostérone, hormone étrangère à l'organisme femelle, fut bien supportée par le bébé femelle du singe. Son poids, sa chevelure brillante, son activité remarquable l'emportaient de beaucoup sur ceux d'un bébé femelle normal.

La transformation du clitoris, à la suite de l'injection de l'hormone mâle, n'aboutit pas à l'édification d'un pénis, l'organe obtenu n'étant pas

(3) M. Friant, *Bulletin du Muséum*, 8, 1936, p. 200.

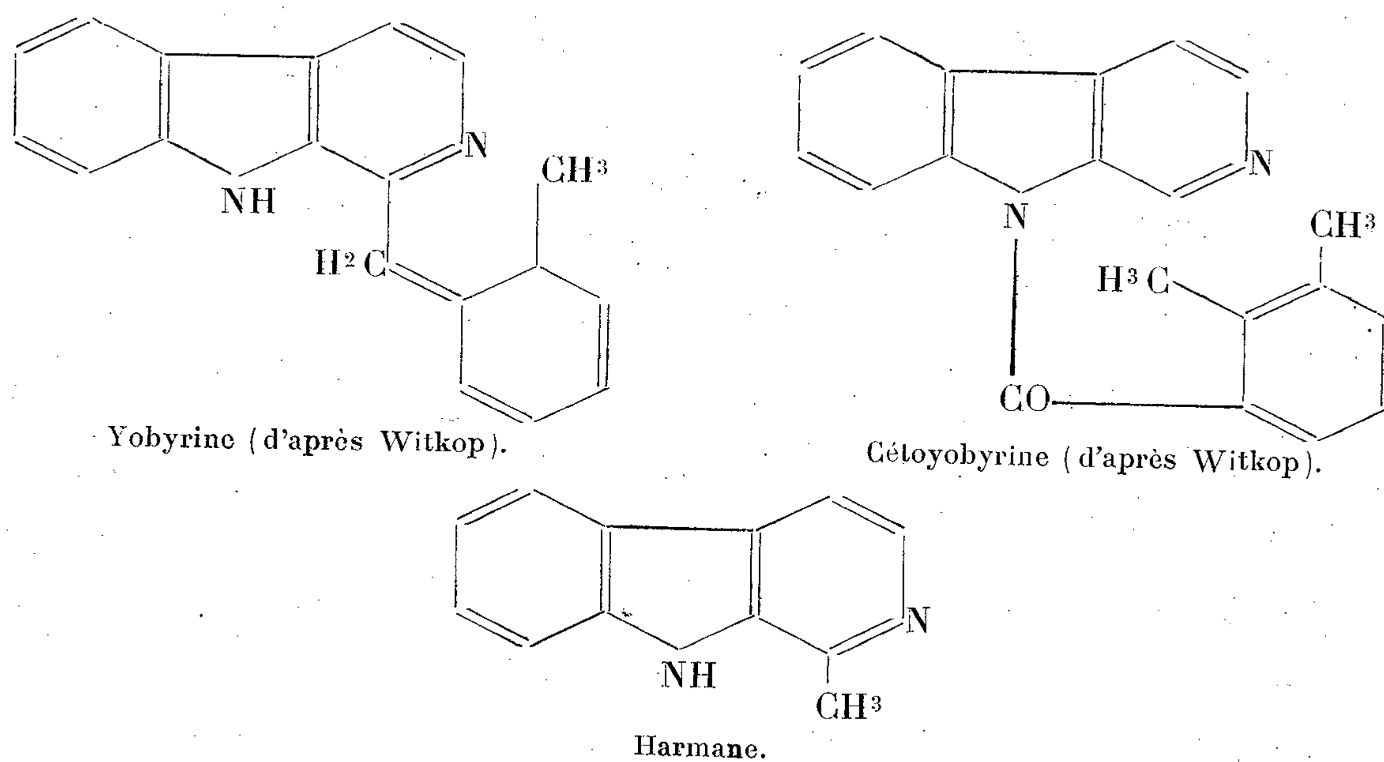
(4) J'ai nommé bélodontes (de βέλος, flèche) les molaires dont les tubercules sont disposés en crêtes longitudinales, antéropostérieures (M. Friant, *Publications du Muséum*, 1, 1933, p. 113).

perforé par le canal urinaire. Il n'en pouvait guère être autrement, car, au moment de la naissance, le canal urinaire s'ouvre en dehors du tissu doué de la faculté de réagir à l'hormone mâle. Néanmoins, le clitoris du bébé nouveau acquit à trois mois une architecture extérieure très similaire à un pénis; l'organe exécutait en outre fréquemment des mouvements cloniques.

Il existe une ressemblance remarquable entre les résultats obtenus dans notre expérience et les malformations congénitales connues sous le nom d'*épispadie*. Le développement imparfait du pénis dans ce dernier cas et l'état imparfait du nouvel organe surajouté expérimentalement aux organes femelles ont une causalité similaire : une déficience hormonale. Dans notre expérience, l'introduction de l'hormone fut trop tardive, alors que, dans les cas d'épispadie, une déficience hormonale quantitative a dû avoir lieu au moment où l'ébauché pénienne devait s'associer au conduit urinaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Yobyrine, harmane et céto-yobyrine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les formules de constitution que C. Scholz [1] avait attribuées à trois dérivés de la yohimbine, la yobyrine, la tétrahydro-yobyrine et la céto-yobyrine, sont tenues pour inexactes par B. Witkop [2], qui s'est appuyé notamment sur la similitude des spectres d'absorption dans l'ultraviolet du premier de ces dérivés et du nor-harmane :



Yobyrine (d'après Witkop). Cétoyobyrine (d'après Witkop).

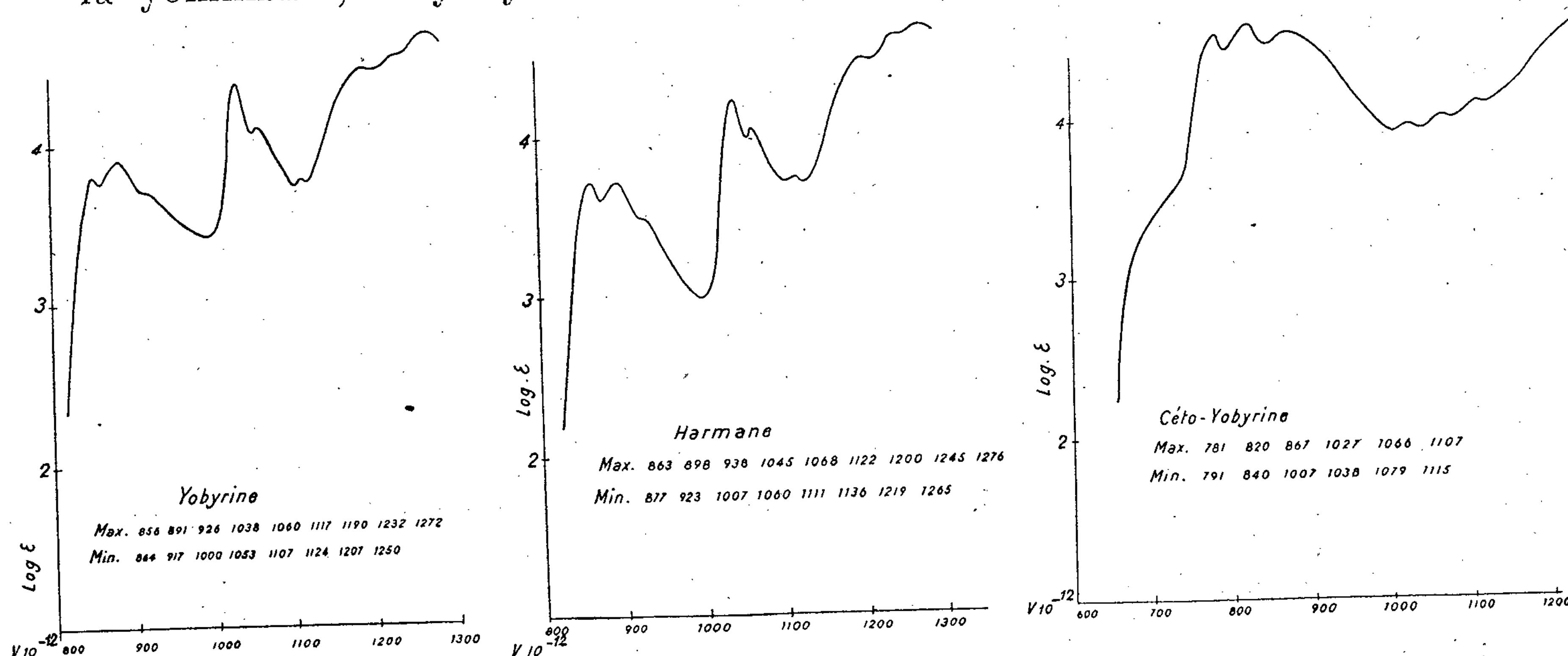
Harmane.

Ayant pu constater que ces deux spectres se rapprochent beaucoup de celui de l'harmane, nous avons voulu savoir si cette analogie s'étend aux propriétés physiologiques de ces substances et nous avons été ainsi

(1) *Dissert. Dr. techn. Wiss., Zurich*, 1934.

(2) *Liebig's Ann.*, 554, 1943, pp. 83-126; F. Pruckner et B. Witkop, *ibid.*, pp. 127-144.

amené à comparer les effets pharmacologiques de la yobyrine ([3]) et de l'harmane ([4]). Nous avons pu ainsi constater que, tout au moins à des doses moyennes, la yobyrine et l'harmane possèdent une indéniable activité sympathicosthénique qui les oppose à la yohimbine, à ses isomères et à la presque totalité de ses dérivés, que nous savons doués d'un pouvoir sympathicolytique majeur. Remarquons toutefois que l'augmentation et la prolongation de l'action hypertensive de l'adrénaline, que nous tenons pour caractéristiques des substances sympathicosthéniques, sont plus marquées avec la yobyrine qu'avec l'harmane. Notons aussi que, comme la yohimbine, la yobyrine et l'harmane abaissent la pression artérielle.



Quant à la cétoyobyrine, son spectre d'absorption dans l'ultraviolet s'est révélé si différent de celui de la yobyrine que nous hésitons à accepter la formule que lui a attribuée Witkop, car elle exige qu'on admette l'existence dans ces deux dérivés du groupement carbolinique qui, en tant que chromophore essentiel, devrait faire apparaître de grandes analogies dans les spectrogrammes des deux substances. Certes, bien que nous ayons pu nous assurer que la substitution d'un groupement cétonique à l'oxhydrile alcoolique du 5ᵉ noyau de la yohimbine ne modifie pas sensiblement l'absorption dans l'ultraviolet de cette substance, nous ne doutons pas que cette substitution ait une grande influence sur le spectrogramme quand elle s'exerce sur l'un des autres anneaux de ladite substance. Mais, parce que nous ne croyons pas qu'une telle substitution puisse faire apparaître les bandes caractéristiques de la tétrahydrocarboline si elle s'opère sur une substance carbolinique, nous tenons pour insuffisamment démontrée la formule de constitution que Witkop a donnée de la cétoyobyrine.

L. B.

La séance est levée à 15ʰ40ᵐ.

([3]) Mis à ma disposition par M. Wibaut, d'Amsterdam.
([4]) Préparé par M. Douglas Graham Harvey, de London.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 OCTOBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **PAUL MONTEL** donne lecture d'une lettre que le professeur **SIERPIŃSKI**, de Varsovie, lui a adressée. M. Arnaud Denjoy a reçu une lettre semblable.

Mon cher Collègue et Ami,

Il m'a été impossible de vous écrire pendant les cinq dernières années et demie, qui furent tragiques pour l'École mathématique polonaise.

Les mathématiciens polonais nommés plus bas ont été assassinés par les Allemands pendant leur occupation de notre pays :

Stanislaw RUZIEWICZ, en 1939, Recteur de l'Académie du Commerce à Lwów, ancien professeur de l'Université de Lwów, tué par la Gestapo à Lwów en juillet 1941.

Antoine LOMNICKI, en 1939, Prorecteur de l'École Polytechnique de Lwów, tué par la Gestapo à Lwów en juillet 1941.

Wladimir STOZEK, doyen de l'École Polytechnique de Lwów, tué par la Gestapo à Lwów en juillet 1941.

Casimir BARTEL, professeur et ancien Recteur de l'École Polytechnique de Lwów, tué par la Gestapo à Lwów en juillet 1941.

Antoine HOBORSKI, ancien Recteur de l'Académie des Mines à Cracovie, Professeur à l'Université de Cracovie, est mort en 1940 dans le camp de concentration de Sachsenhausen (près de Berlin), où il fut transporté en novembre 1939 avec d'autres professeurs de l'Université de Cracovie, dont 17 sont également morts dans ce camp.

Stanislaw SAKS, chargé de cours à l'Université de Varsovie, tué par la Gestapo à Varsovie en 1943.

Aleksandre RAJCHMAN, professeur à l'Université libre de Varsovie, est mort en 1940 au camp de concentration de Dachau.

Adolphe LINDENBAUM, chargé de cours à l'Université de Varsovie, tué en 1942.

J. P. SCHAUDER, chargé de cours à l'Université de Lwów, tué en 1943.

H. Auerbach, chargé de cours à l'Université de Lwów, tué en 1943.

Jacob, chargé de cours à l'Université de Lwów, tué par la Gestapo à Varsovie en 1943.

Antoine Wilk, docteur en philosophie, qui a découvert plusieurs comètes portant son nom, est mort à Cracovie en 1940, le lendemain de son retour du camp de concentration d'Oranienburg.

Par suite des événements de guerre, sont morts encore :

S. Dickstein, professeur d'honneur de l'Université de Varsovie, doyen d'âge des mathématiciens polonais, est mort en 1939 pendant une attaque aérienne.

Witold Wilkosz, professeur à l'Université de Cracovie, est mort à Cracovie en 1943.

Stefan Kempisty, professeur à l'Université de Wilno, est mort en prison.

Antoine Przeborski, professeur à l'Université de Varsovie, est mort en 1941.

André Kozniewski, docteur en philosophie, est mort en 1939.

Stefan Kwietniewski, chargé de cours à l'Université de Varsovie, est mort en 1940.

Nous déplorons encore la mort de Stanislaw Zaremba, professeur d'honneur de l'Université de Cracovie (en 1943); celle de Stefan Mazurkiewicz, professeur à l'Université de Varsovie, et celle de Stefan Banach, professeur à l'Université de Lwów.

Ce sont les pertes en personnes. Il est à souligner que les mathématiciens polonais assassinés, parfois cruellement, par les Allemands, ne cultivaient aucune politique : la seule raison de les tuer fut celle qu'ils étaient des savants *polonais* (et, dans quatre cas : leur « race »).

Dans le domaine des autres sciences, la situation est analogue.

Mais voici d'autres pertes irréparables :

Notre grande bibliothèque mathématique, qui se trouvait rue Oczki, 3 (au Séminaire Mathématique de l'Université de Varsovie) fut brûlée. Les bibliothèques privées de tous les mathématiciens de Varsovie (la mienne, celles de MM. Mazurkiewicz, Kuratowski, Borsuk et autres) furent brûlées, ainsi que nos maisons, pendant les mois d'août à octobre 1944. Plusieurs de nos manuscrits, résultats de notre travail pendant les années 1939-1944, sont perdus. Nous n'avons littéralement aucun livre, aucun tirage à part. En automne 1939, le volume 33 des *Fundamenta Mathematicae* était sous presse à Cracovie : 7 feuilles (112 pages) furent imprimées, les 10 suivantes étaient composées. Le directeur allemand de l'imprimerie a détruit la composition de ces 10 feuilles, dont les manuscrits et les épreuves sont brûlés, ainsi que les exemplaires des volumes 1-32 qui se trouvaient à Varsovie, ainsi que les exemplaires des volumes parus des *Monographies*

mathématiques. Il ne nous reste que quelques exemplaires de ces volumes qui étaient hors de Varsovie. C'est donc une catastrophe pour les *Fundamenta Mathematicae* et le *Monografje Matematyszne*.

Ma maison (rue Marszalkowska, 73) fut brûlée par les Brandkommandos à la fin d'octobre 1944, sans aucune raison stratégique, quelques semaines après l'évacuation de Varsovie de tous les habitants polonais. Le 2 octobre 1944, nous étions obligés de quitter Varsovie à pied et de marcher pendant 15^{km} (pour atteindre le camp de distribution) sans pouvoir prendre de notre maison rien, sauf ce qu'on pouvait porter à la main. Nous avons ainsi perdu tout notre avoir. Cela avait lieu après avoir passé deux mois dans la ville assiégée et continuellement bombardée par les Allemands.

Le Siège de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie, le palais Staszic, est brûlé. Nos Académies et nos Universités furent fermées et pillées par les Allemands en 1940. Des centaines de nos professeurs universitaires sont morts, tués dans les camps de concentration. Il n'y a presque aucune famille en Pologne qui n'ait perdu au moins un de ses membres tué ou martyrisé par les Allemands.

Provisoirement, je me trouve avec ma femme à Cracovie et j'y resterai probablement quelques mois. Les Allemands furent obligés de quitter Cracovie si rapidement qu'ils n'eurent pas le temps de détruire la ville. Cracovie est l'unique ville universitaire de Pologne où l'on pourra recommencer immédiatement l'enseignement universitaire.

Veuillez agréer, mon cher Collègue et Ami, l'expression de mes sentiments les plus cordiaux.

Signé : W. SIERPIŃSKI.

L'Académie décide que le texte de cette lettre sera inséré dans les *Comptes rendus*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'explication mécanique des équations de Maxwell.* Note de M. **DIMITRI RIABOUCHINSKY.**

Les équations de Maxwell étant linéaires, on peut obtenir la solution générale de ces équations par superposition d'ondes planes. Désignons respectivement par $\vec{i}_\nu, \vec{j}_\nu, \vec{k}_\nu$ les vecteurs unitaires du champ électrique $\vec{E}_\nu$, du champ magnétique $\vec{H}_\nu$ et celui de la vitesse de propagation $\vec{c}_\nu$ de l'onde plane considérée ν :

$$(1)\quad \vec{E}_\nu = E_\nu . \vec{i}_\nu = E_\nu(\alpha_{\nu 1} i + \beta_{\nu 1} j + \gamma_{\nu 1} k), \qquad \vec{H}_\nu = H_\nu . \vec{j}_\nu = H_\nu(\alpha_{\nu 2} i + \beta_{\nu 2} j + \gamma_{\nu 2} k),$$
$$\vec{c}_\nu = c\vec{k}_\nu = c(\alpha_{\nu 3} i + \beta_{\nu 3} j + \gamma_{\nu 3} k),$$

i, j, k sont les vecteurs unitaires des axes Ox, Oy, Oz et les 9 cosinus directeurs sont indépendants des coordonnées et du temps, mais varient, en général,

lorsqu'on passe d'une onde à une autre. Prenons le produit scalaire de la première et le produit vectoriel de la seconde des équations de Maxwell par $\vec{i}_\nu$

$$\operatorname{curl}\vec{H}_\nu.\vec{i}_\nu = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}_\nu}{\partial t}.\vec{i}_\nu, \qquad \operatorname{curl}\vec{E}_\nu \times \vec{i}_\nu = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}_\nu}{\partial t}\times \vec{i}_\nu, \qquad \operatorname{div}\vec{E}_\nu = 0.$$

On obtient ainsi

$$(2) \qquad \operatorname{div}\vec{H}'_\nu = -\frac{1}{c}\frac{\partial E_\nu}{\partial t}, \qquad \overrightarrow{\operatorname{grad}}\, E_\nu = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}'_\nu}{\partial t}, \qquad \vec{H}'_\nu = H_\nu \vec{k}_\nu.$$

Ce n'est que le tenseur de $\vec{E}_\nu$ qui figure dans ces équations transformées, tandis que $\vec{H}_\nu$ subit une rotation positive d'un angle droit dans le plan des vecteurs $\vec{H}_\nu$ et $\vec{c}_\nu$. Nous désignons $\vec{H}'_\nu$ ce nouveau vecteur, dont le tenseur est celui de $\vec{H}_\nu$ et l'orientation celle de $\vec{c}_\nu$. En faisant subir une transformation analogue à toutes les solutions particulières $\nu = 1, 2, 3, \ldots$, on obtient un nombre correspondant d'équations de la forme (2) et, en prenant la somme de ces dernières, on peut écrire

$$(3) \qquad \operatorname{div}\vec{H}' = -\frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}, \qquad \overrightarrow{\operatorname{grad}}\, E = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}'}{\partial t}.$$

Les solutions générales des équations de Maxwell et des équations transformées (3) sont donc respectivement

$$\vec{H} = \sum_\nu \vec{H}_\nu, \qquad \vec{E} = \sum_\nu \vec{E}_\nu, \qquad \text{et} \qquad \vec{H}' = \sum_\nu \vec{H}'_\nu, \qquad E = \sum_\nu E_\nu.$$

Multiplions la première des équations (3) par E, la seconde par $\vec{H}'$, additionnons-les et considérons les intégrales

$$(4) \qquad \frac{\partial}{\partial t}\iiint \frac{1}{2}(E^2 + H'^2)\,d\tau = -c\iiint\left(E\operatorname{div}\vec{H}' + \vec{H}'\,\overrightarrow{\operatorname{grad}}\,E\right)d\tau = -c\iint E\vec{H}'\vec{n}\,d\sigma.$$

En comparant (4) à la formule de Poynting,

$$(5) \qquad \frac{\partial}{\partial t}\iiint \frac{1}{2}(E^2 + H^2)\,d\tau = -c\iint\left(\vec{E}\times\vec{H}\right)\vec{n}\,d\sigma,$$

déduite directement des équations de Maxwell, on peut constater que (4) et (5) sont équivalents s'il y a une seule onde ou si tous les vecteurs $\vec{E}_\nu$ sont colinéaires. Si cette dernière condition est satisfaite, tous les $\vec{H}_\nu$ et $\vec{H}'_\nu$ sont coplanaires et les tenseurs de leur somme respective $\vec{H}$ et $\vec{H}'$ sont égaux, donc $H^2 = H'^2$. On a aussi $E\vec{H}' = \vec{E}\times\vec{H}$, car H′ est perpendiculaire à $\vec{E}$ et $\vec{H}$.

Ce cas particulier correspond à un problème discuté antérieurement ([1]). Mais si les vecteurs $\vec{E}_\nu$ cessent d'être tous collinéaires, le vecteur radiant de Poynting $\vec{E} \times \vec{H}$ n'est pas, en général, égal au vecteur radiant $E\vec{H}'$. Les équations (3) et (4) correspondent à un gaz parfait et celles de Maxwell et Poynting à l'éther. Les équations obtenues établissent une correspondance directe entre les grandeurs caractérisant ces deux milieux et permettent de reconnaitre tout désaccord avec l'hydrodynamique classique. Nous avons nommé ([2]) *hydrodynamiques non lagrangiennes* toutes celles où, en conservant la cinématique des milieux continus, on modifie la définition newtonienne *vecteur force égale produit de scalaire masse par vecteur accélération*.

Pour démontrer qu'on peut passer des équations (2) et (3) à celles qui régissent les petits mouvements irrotationnels d'un fluide parfait compressible, posons

$$E = \frac{\sqrt{\rho_1}}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = c\frac{\rho-\rho_1}{\sqrt{\rho_1}} = \frac{p-p_1}{c\sqrt{\rho_1}}, \qquad \vec{H}' = \frac{\sqrt{\rho_1}}{c}\sum\frac{\partial\vec{\psi}_\nu}{\partial t} = \sqrt{\rho_1}\sum\vec{V}_\nu,$$

où $\vec{V}_\nu$ exprime la vitesse des particules fluides, normale au plan de l'onde ν. En faisant ces substitutions dans (3), en faisant quelques transformations et en omettant des fonctions arbitraires des coordonnées, mais indépendantes du temps, il vient

$$(6) \qquad \operatorname{div}\vec{\psi}' = -\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t}, \qquad \overrightarrow{\operatorname{grad}}\,\varphi = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{\psi}'}{\partial t}, \qquad \Box\varphi = 0, \qquad \Box\vec{\psi}' = 0.$$

De même l'équation (4) devient

$$(7) \qquad \frac{1}{2}\rho_1\frac{\partial}{\partial t}\iiint\left[\operatorname{grad}^2\varphi + \frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)^2\right]d\tau = \frac{\partial}{\partial t}\iiint(T+W)\,d\tau = \rho_1\iint\frac{\partial\varphi}{\partial t}\frac{\partial\varphi}{\partial n}\,d\sigma,$$

T et W sont respectivement l'énergie cinétique et l'énergie intrinsèque d'un fluide parfait compressible. (6) et (7) sont effectivement une conséquence directe de (3) et (4). C. Q. F. D.

Pour revenir au fluide maxwellien, il faut prendre le produit scalaire de la première et le produit vectoriel de la seconde des équations (6), pour chaque onde plane ν, par le vecteur unitaire $\vec{i}_\nu$, transformer ensuite ces produits en tenant compte des relations entre les 9 cosinus (1) et prendre leur somme. Avec ces transformations il vient

$$\vec{E} = \frac{\sqrt{\rho_1}}{c}\sum\frac{\partial\varphi_\nu\vec{i}_\nu}{\partial t}, \qquad \vec{H} = \sqrt{\rho_1}\,\vec{V} = \frac{\sqrt{\rho_1}}{c}\sum\frac{\partial\psi_\nu\vec{j}_\nu}{\partial t} = -\sqrt{\rho_1}\operatorname{curl}\sum\varphi_\nu\vec{i}$$

$$\operatorname{curl}\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}, \qquad \operatorname{curl}\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}, \qquad \operatorname{div}\vec{E} = 0, \qquad \operatorname{div}\vec{H} = 0.$$

([1]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, pp. 472-475.

([2]) *Atti del Congresso internazionale dei Matematici*, Bologna, 1928, v, p. 175.

Le fluide qu'on obtient ainsi est incompressible et son mouvement est rotationnel. Le champ magnétique $\vec{H}$ est proportionnel à la vitesse $\vec{V}$ et la variation dans le temps du champ électrique $\vec{E}$ au tourbillon de $\vec{V}$. Nous avons établi ainsi une correspondance univoque et réciproque entre tous les éléments des champs gazodynamiques et électromagnétiques.

M. **Serge Bernstein** fait hommage à l'Académie de cinq Mémoires extraits des *Comptes rendus* et du *Bulletin de l'Académie des Sciences de l'Union des Républiques Soviétiques Socialistes*.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne MM. **Georges Perrier**, **Albert Michel-Lévy**, Membres de l'Académie; et MM. **Jean Rothé**, **Frédéric Diénert** et **Laclavère** pour représenter la France à l'Assemblée des Comités exécutifs de l'*Union géodésique et géophysique internationale*, qui se tiendra à Oxford, vraisemblablement du 10 au 17 décembre 1945.

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Goris** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique par le décès de M. *Alexandre Guilliermond*.

A l'appui de sa candidature il fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Localisation et rôle des alcaloïdes et des glucosides chez les Végétaux*, dont M. **Léon Guignard** avait écrit la *Préface*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces riemanniens harmoniques de type hyperbolique normal.* Note (1) de MM. **André Lichnerowicz** et **A. G. Walker**, transmise par M. Élie Cartan.

On sait qu'un espace riemannien V_n est dit *harmonique* en un point M_0, si l'équation de Laplace associée admet une solution qui ne soit fonction que de la distance géodésique s du point courant M à M_0. Un espace harmonique en chacun de ses points est dit *complètement harmonique* et nous le désignerons dans la suite par H_n; un espace H_n dont l'équation de Laplace admet la solution s^{2-n} est dit *simplement harmonique*.

Copson et Rusc (2) ont fourni, sous la forme d'un système infini d'équations

---

(1) Séance du 17 septembre 1945.

(2) *Proc. Roy. Soc. Edinb.*, 60, 1939, pp. 117-133.

tensorielles, la condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace soit un H_n. Il résulte en particulier de ce système que tout espace H_n est un espace d'Einstein. Dans le même travail Copson et Rusc ont posé le problème fondamental suivant : *les espaces à courbure constante sont-ils les seuls espaces complètement harmoniques ?* Il est clair que c'est le cas pour H_n quand

1° $n = 2$ ou 3;

2° H_n est conforme à un espace euclidien.

L'un des auteurs ([3]) a établi que ce résultat s'étendait à tout H_n de type elliptique réalisable comme hypersurface d'un espace à courbure constante, en particulier à tout H_n de type elliptique et de classe 1. L'autre auteur ([4]) a enfin établi qu'il s'étendait aussi pour $n = 4$ à tout H_n de type hyperbolique normal. Nous nous proposons, dans cette Note, de résoudre complètement le problème, dans le cas du type hyperbolique normal; en démontrant le théorème suivant :

Théorème. — *Tout espace complètement harmonique* H *de type hyperbolique normal est à courbure constante.*

Posons en effet

$$T_{\alpha\beta\lambda\mu} = g_{\alpha\beta,\lambda\mu} - \frac{f'(0)}{2(n-1)}(2g_{\lambda\mu}g_{\alpha\beta} - g_{\lambda\alpha}g_{\mu\beta} - g_{\lambda\beta}g_{\mu\alpha}),$$

où $g_{\alpha\beta,\lambda\mu}$ désigne l'extension seconde du tenseur métrique, $f'(0)$ la dérivée première à l'origine de la fonction $f(\Omega)$ de Copson et Rusc et où les indices grecs prennent les valeurs $[0, 1, 2, \ldots, (n-1)]$. Le tenseur $T_{\alpha\beta\lambda\mu}$ satisfait aux identités

$$(1)\qquad \begin{cases} T_{\alpha\beta\gamma\mu} = T_{\beta\alpha\lambda\mu} = T_{\alpha\beta\mu\lambda} = T_{\lambda\mu\alpha\beta}, \\ T_{\alpha\beta\lambda\mu} + T_{\alpha\lambda\mu\beta} + T_{\alpha\mu\beta\lambda} = 0. \end{cases}$$

L'espace considéré étant complètement harmonique satisfait aux équations de Copson et Rusc, dont les deux premiers groupes peuvent se mettre sous la forme simple

$$(2)\qquad T_{\alpha\beta\lambda}{}^{\lambda} = 0,$$

$$(3)\qquad T_{\alpha\beta}{}^{\lambda\mu}T_{\gamma\delta\lambda\mu} + T_{\alpha\gamma}{}^{\lambda\mu}T_{\beta\delta\lambda\mu} + T_{\alpha\delta}{}^{\lambda\mu}T_{\beta\gamma\lambda\mu} = k(g_{\alpha\beta}g_{\gamma\delta} + g_{\alpha\gamma}g_{\beta\delta} + g_{\alpha\delta}g_{\beta\gamma}),$$

où k désigne un scalaire constant. En multipliant (3) par $g^{\gamma\delta}$ et en tenant compte de (2), il vient

$$(4)\qquad T_{\alpha}{}^{\lambda\mu\nu}T_{\beta\lambda\mu\nu} = \frac{1}{2}(n+2)kg_{\alpha\beta},$$

et, par contraction,

$$(5)\qquad T^{\lambda\mu\nu\rho}T_{\lambda\mu\nu\rho} = \frac{1}{2}n(n+2)k.$$

Cela étant posé, adoptons un système de coordonnées orthogonal en un point

---

([3]) Lichnerowicz, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 117-133.

([4]) Walker, *Proc. Edinb. Math. Soc.*, 7, 1940, pp. 16-26.

quelconque M de H_n, de telle sorte qu'au point M

$$g_{00} = -1; \quad g_{ii} = 1; \quad g_{\alpha\beta} = 0 \quad (\alpha \neq \beta),$$

où les indices latins ne prennent que les valeurs $[1, 2, \ldots, (n-1)]$. En faisant dans (3), $a = \beta = \gamma = \delta = 0$, il vient

$$\sum_{i,j} (T_{00ij})^2 = k. \tag{6}$$

De même, pour $\alpha = \beta = 0$, on déduit de (4) à l'aide des égalités (1) et (6),

$$\sum_{i,j,k} (T_{0ijk})^2 = -\frac{1}{2}(n-1)k. \tag{7}$$

En comparant (6) et (7), il vient $k = 0$ et en vertu de ces équations et de (5)

$$T_{00ij} = 0; \quad T_{0ijk} = 0; \quad T_{ijkl} = 0.$$

Le tenseur $T_{\alpha\beta\lambda\mu}$ étant identiquement nul, l'espace H_n considéré est à courbure constante.

De ce théorème on déduit immédiatement la conséquence suivante : l'*espace euclidien de type hyperbolique normal est le seul espace simplement harmonique de ce type*. Le même résultat est d'ailleurs valable pour les espaces de type elliptique, d'après T. Y. Thomas et E. W. Titt.

ALGÈBRE TOPOLOGIQUE. — *Sur les corps topologiques connexes.* Note de M. Jean Dieudonné, présentée par M. Élie Cartan.

1. M. E. Livenson [1] a construit un exemple d'un sous-groupe *connexe* du groupe additif $\mathbf{R}^2$ (plan numérique), *partout dense* dans $\mathbf{R}^2$ et distinct de ce dernier. Je me propose de montrer comment, en conservant le principe de la méthode de Livenson, on peut en simplifier la mise en œuvre, et obtenir en même temps davantage, savoir un exemple de *sous-corps connexe* du corps $\mathbf{C}$ des nombres complexes, *partout dense* dans $\mathbf{C}$ et distinct de ce dernier.

2. La méthode de Livenson s'appuie sur le lemme suivant :

Lemme (Livenson). — *Si une partie partout dense* A *de* $\mathbf{R}^2$ *rencontre tout sous-ensemble parfait non vide de* $\mathbf{R}^2$, *elle est connexe*.

Dans le cas contraire, il existerait deux ensembles ouverts non vides V, W dans $\mathbf{R}^2$ tels que A soit réunion de $A \cap V$ et $A \cap W$, et que $A \cap V \cap W$ soit vide; comme A est partout dense, $V \cap W$ est donc nécessairement vide, et par suite l'extérieur de V n'est pas vide. Il en résulte que la frontière F de V contient un ensemble parfait non vide; or F ne rencontre ni V ni W, donc ne peut rencontrer A, et nous obtenons un résultat contraire à l'hypothèse.

---

[1] *Ann. of Math.*, 38, 1937, p. 920.

On notera que ce raisonnement (et par suite le lemme) est encore vrai quand on y remplace $\mathbf{R}^2$ par un domaine quelconque de $\mathbf{R}^2$ (ou plus généralement de $\mathbf{R}^n$).

3. Procédant comme Livenson, rangeons les sous-ensembles parfaits de $\mathbf{R}^2$ en une suite transfinie (P_α) telle que, pour tout indice α, l'ensemble des indices $\leqq \alpha$ ait une puissance strictement inférieure au continu. Nous allons définir par récurrence transfinie une suite (u_α) d'éléments de $\mathbf{C}$ telle que le corps K_α obtenu par adjonction, au corps $\mathbf{Q}$ des nombres rationnels, de tous les u_β d'indice $\beta \leqq \alpha$ soit une *extension transcendante pure* ([2]) du corps $\mathbf{Q}$ et rencontre tous les ensembles parfaits P_β d'indice $\beta \leqq \alpha$. Supposons en effet cette définition faite pour tous les indices $\beta < \alpha$. La réunion K'_α de tous les corps K_β d'indice $\beta < \alpha$ est une extension transcendante pure de $\mathbf{Q}$, car un nombre fini quelconque de u_β d'indice $\beta < \alpha$ appartiennent à un même corps K_γ d'indice $\gamma < \alpha$, donc sont algébriquement indépendants par rapport à $\mathbf{Q}$. Comme K'_α s'obtient par adjonction à $\mathbf{Q}$ des u_β d'indice $\beta < \alpha$, et que $\mathbf{Q}$ est dénombrable, on a une puissance K'_α égale à celle de l'ensemble des indices $\beta < \alpha$, donc strictement inférieure à celle du continu; la puissance de l'ensemble des nombres complexes, algébriques par rapport à K'_α, est donc aussi strictement inférieure au continu; par suite, comme P_α a la puissance du continu, il existe dans P_α un élément u_α qui est transcendant par rapport à K'_α; par adjonction de u_α à K'_α, on obtient donc une extension transcendante pure K_α de $\mathbf{Q}$, qui a les propriétés désirées.

Soit alors K le sous-corps de $\mathbf{C}$ réunion de tous les K_α; c'est une extension transcendante pure de $\mathbf{Q}$, évidemment partout dense dans $\mathbf{C}$ et qui rencontre tous les sous-ensembles parfaits de $\mathbf{C}$; d'après le lemme, K est connexe et distinct de $\mathbf{C}$ puisque $\mathbf{C}$ contient des éléments algébriques par rapport à $\mathbf{Q}$.

Le corps K rencontre aussi tous les sous-ensembles parfaits contenus dans un cercle (ouvert) de centre o; l'application du lemme (où le cercle remplace $\mathbf{R}^2$) prouve donc que K est *localement connexe*.

4. On sait ([2]) que le corps $\mathbf{R}$ des nombres réels est une extension algébrique d'une extension transcendante pure K_0 du corps $\mathbf{Q}$; comme $\mathbf{R}$ a la puissance du continu, il en est de même de K_0, donc K_0 s'obtient par adjonction à $\mathbf{Q}$ d'une famille d'éléments algébriquement indépendants ayant la puissance du continu. Comme on peut établir une correspondance biunivoque entre cette famille et la famille (u_α), on voit que les structures de corps (non topologique) de K et K_0 sont *isomorphes*. Comme $\mathbf{C}$ est une extension algébriquement fermée de K, le sous-corps Ω de $\mathbf{C}$ formé des éléments algébriques par rapport à K est algébriquement fermé, donc sa structure de corps est isomorphe à celle de $\mathbf{C}$. Il contient par suite un surcorps K_1 de K, dont la structure de corps est isomorphe à celle

---

([2]) Voir B. L. VAN DER WAERDEN, *Moderne Algebra*, **1**, et E. STEINITZ, *Journal de Crelle*, **137**, 1910, p. 167.

de **R**. Ainsi, il existe des sous-corps de **C** qui sont *connexes et localement connexes, partout denses*, et dont la structure de corps est *isomorphe à celle de* **R**. On peut encore exprimer ce résultat en disant qu'on peut munir le corps **R** d'une structure topologique *compatible* avec sa structure de corps, qui le rende connexe et localement connexe, mais non localement compact : le *complété* du corps topologique ainsi défini est un corps topologique isomorphe à **C**.

L'ensemble **C** étant identifié à l'ensemble produit $\mathbf{R}^2$, si l'on munit chacun des facteurs de ce produit de la topologie précédente et **C** du produit de ces deux topologies, **C** devient un corps topologique connexe et localement connexe, mais cette fois son complété n'est pas un corps, mais le produit de deux corps isomorphes à **C**, et munis de la topologie habituelle.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Sur les formules opératoires du calcul symbolique.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

Les formules opératoires usitées dans le calcul symbolique peuvent se classer en plusieurs groupes. Si l'on part de l'égalité symbolique fondamentale

$$f(t) \supset \varphi(p),$$

qui représente l'intégrale de Carson

$$\varphi(p) = p\int_0^\infty e^{-px} f(x)\,dx,$$

les formules du *premier groupe* sont celles qui donnent l'image d'une fonction $f[h(t)]$, h étant une nouvelle fonction de t. Ainsi la formule très connue qui donne l'image de $f(t^2)$, ou encore celles que nous avons récemment établies pour les images de $f(t^3)$, $f(e^t - 1)$, $f(sht)$.

Dans le *second groupe* on rangera les formules donnant les originaux de fonctions telles que $\varphi[h(p)]$: rappelons par exemple les formules très usitées relatives à $\varphi(\sqrt{p})$, $\varphi(1/p)$, $\varphi(\log p)$.

Nous appellerons formules du *troisième groupe* des formules, jusqu'ici peu ou point étudiées, qui, faisant jouer un rôle inverse aux fonctions f et φ, chercheront à exprimer, au moyen de f, les images des fonctions $\varphi(t)$ ou $\varphi[h(t)]$. La plus simple de toutes est

$$\varphi(t) \supset p\int_0^\infty \frac{f(x)\,dx}{(p+x)^2},$$

qui se déduit immédiatement de la séquence connue

$$f(t) \supset \varphi(p), \qquad g(t) \supset f(p), \qquad \varphi(p) = p\int_0^\infty \frac{g(x)\,dx}{(p+x)^2}.$$

En divisant le premier membre de cette formule par t et la multipliant

par e^{it}, puis séparant le réel et l'imaginaire, on obtient, après avoir fait sur le second membre les opérations que commande le calcul symbolique, les deux intéressantes formules

$$\frac{\cos t}{t}\varphi(t)\supset p\int_0^\infty \frac{p+x}{(p+x)^2+1}f(x)\,dx, \qquad \frac{\sin t}{t}\varphi(t)\supset p\int_0^\infty \frac{f(x)\,dx}{(p+x)^2+1}.$$

D'autres formules de ce groupe, sans doute nouvelles, peuvent être obtenues aisément par un procédé assez général dont voici un exemple simple : partons de la correspondance connue

$$\frac{e^{-\frac{x}{t}}}{\sqrt{t}}\supset\sqrt{\pi p}\,e^{-2\sqrt{px}},$$

où x est un paramètre quelconque. Multiplions les deux membres par $f(x)$ et intégrons par rapport à x entre zéro et ∞ : le premier membre devient

$$\int_0^\infty \frac{e^{-\frac{x}{t}}}{\sqrt{t}}f(x)\,dx.$$

Mais de l'intégrale de Carson on tire, en remplaçant p par $1/t$,

$$\varphi\left(\frac{1}{t}\right)=\frac{1}{t}\int_0^\infty e^{-\frac{x}{t}}f(x)\,dx,$$

d'où nous tirerons la formule cherchée

$$\sqrt{t}\,\varphi\left(\frac{1}{t}\right)\supset\sqrt{\pi p}\int_0^\infty e^{-2\sqrt{px}}f(x)\,dx.$$

On établira, par le même procédé, les formules suivantes, où s'introduisent respectivement la fonction complémentaire d'erreur et les fonctions eulériennes de seconde et de première espèce,

$$\frac{\varphi(t^2)}{t^2}\supset p\frac{\sqrt{\pi}}{4}\int_0^\infty e^{\frac{p^2}{4x}}\operatorname{erfc}\frac{p}{2\sqrt{x}}\,\frac{f(x)}{x}\,dx,$$

$$\frac{\varphi(-\log t)}{\log t}\supset-\int_0^\infty \frac{\Gamma(x+1)}{p^x}f(x)\,dx,$$

$$\frac{\varphi[-\log(1-e^{-t})]}{\log(1-e^{-t})}\supset -p\int_0^\infty \mathrm{B}(p,\,x+1)\,f(x)\,dx.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une lampe déphaseuse et une nouvelle méthode d'analyse d'harmoniques.* Note de M. **Antoine Colombani**, transmise par M. Paul Langevin.

Le distorsion de phase en télévision est évitée en employant des penthodes à très faibles capacités parasites et dont la pente élevée permet des charges

d'anodes faibles. De plus, la contre-réaction conjuguée à un découplage énergique des circuits permet d'obtenir, pour chaque fréquence, sur une large bande, une tension de sortie en accord ou en opposition exacte de phase avec celle d'entrée.

Tenant compte de ces considérations, montons sur la résistance d'anode AB d'une penthode le pont CEFD, représenté sur la figure. La tension E entre C et D, en phase avec E_0 (au 1/1000 près avec des calculs de circuits convenables), est en opposition de phase avec la tension grille. Quels que soient R et C, un bon choix d'impédances permet de la considérer constante pour une tension grille donnée.

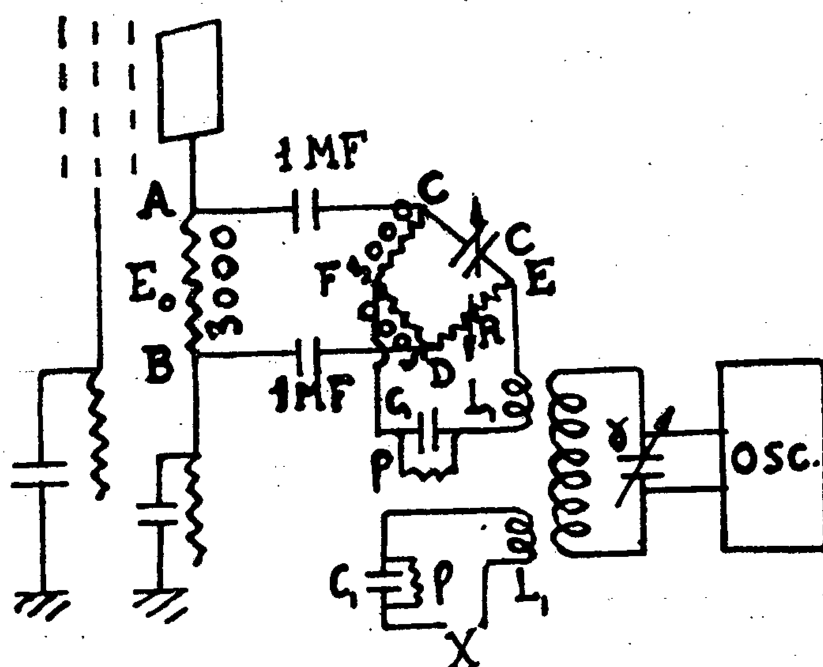
En calculant la tension U entre E et F, on trouve

$$U = \frac{E}{2}\left[\frac{R + \frac{j}{C\omega}}{R - \frac{j}{C\omega}}\right] \qquad \text{soit en module } |U| = \left|\frac{E}{2}\right|.$$

U est donc indépendant de C et R. Son déphasage ψ sur E est tel que

$$\operatorname{tang}\psi = \operatorname{tang} 2\varphi \qquad \text{avec } \operatorname{tang}\varphi = \frac{1}{C\omega R} \qquad \text{soit } \operatorname{tang}\psi = \frac{2C\omega R}{C^2\omega^2R^2 - 1}.$$

On dispose donc entre les points E et F d'une tension dont on peut faire varier indépendamment la grandeur $|E/2|$ et la phase ψ de 0 à π par rapport à E (par R et C). Aucune perturbation ne se traduit évidemment sur la grille de commande.



Parmi les nombreuses applications possibles de ce montage aux méthodes d'opposition, nous pouvons déjà signaler un principe original d'analyse d'harmoniques.

Entre E et F plaçons en série une self de résistance négligeable L_1 et un condensateur shunté (C_1, ρ). Avec $L_1 = C_1\rho^2$ la self est compensée quelle que soit la fréquence $(\rho = 4 \cdot 10^5\omega,\ C_1^2\omega^2\rho^2 \leqslant 1)$.

Couplons L_1 faiblement, de la même manière que la tension X à analyser, à un circuit bouchon branché à un oscillographe et dont la fréquence est réglée automatiquement en même temps que celle de l'oscillatrice précédant la déphaseuse. Supposons-le réglé sur la fréquence ω. Toutes les autres fréquences du spectre X à analyser sont étouffées et l'on observe sur l'écran la résultante de deux tensions induites de fréquence ω : l'une provenant de X, l'autre due à la déphaseuse. En agissant sur R ou C et sur la tension grille, on annule cette résultante par opposition de phase et de tension. D'où le zéro du déphaseur.

Si l'on continue l'exploration du spectre en augmentant la fréquence, on annule ensuite en tension et en phase l'harmonique ω'. De la valeur de tang ψ obtenue, on déduit le décalage de l'harmonique ω' sur le terme fondamental ω.

Ainsi, de proche en proche, l'exploration du spectre sur une large bande de fréquences, permet de mesurer les fréquences, les amplitudes et les déphasages des différents termes par rapport au fondamental.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Les effets optiques du mouvement rectiligne et uniforme d'une source en théorie électromagnétique de la lumière.* Note [1] de M. **Émile Durand.**

Nous admettons que la source au « repos » est une charge unité en mouvement dont la trajectoire reste à l'intérieur d'un domaine spatial très petit; en prenant l'origine à l'intérieur de ce domaine, les coordonnées de la charge en fonction du temps sont $\zeta^u_{(x^4)}$ avec $x^4 = ct.$, $u = 1, 2, 3$; quand la source est en mouvement « rectiligne et uniforme », l'équation du mouvement de la charge est

$$\xi^u = \eta^u + \zeta^u, \qquad \text{avec } \eta^u = \beta^u x^4 + \text{const.}$$

On se propose de calculer le champ électromagnétique au point $P(x^u)$ et l'on pose

$$r^u = (x - \xi)^u, \qquad r = \sqrt{r^u_u}; \qquad \rho^u = (x - \eta)^u, \qquad \rho = \sqrt{\rho^u_u}.$$

Nous allons nous borner au calcul des potentiels A^u, A^4, les champs s'en déduisant par les formules habituelles; on a

$$r^p = [(x - \xi)^u_u]^{\frac{p}{2}} = \rho^p[1 + \rho^{-1}(\rho^{-1}\zeta^u_u - 2\alpha_u\zeta^u)]^{\frac{p}{2}} = \rho^p \sum_{q=0}^{q=\infty} c^q_{\left(\frac{p}{2}\right)} \rho^{-q}[\rho^{-1}\zeta^u_u - 2\alpha_u\zeta^u]^q,$$

avec $\alpha^u = \rho^{-1}\rho^u$; nous partirons de nos séries de potentiels [2] qui donnent

$$(1) \qquad A^u = \sum_{q=0}^{q=\infty} \frac{1}{2^q q!} \sum_{l=0}^{l=q} a^q_{q-l}(-\partial^4)^l \left\{ \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{n!} (\partial^4)^n [\rho^n \Delta f_{(x^4)}] \right\},$$

---

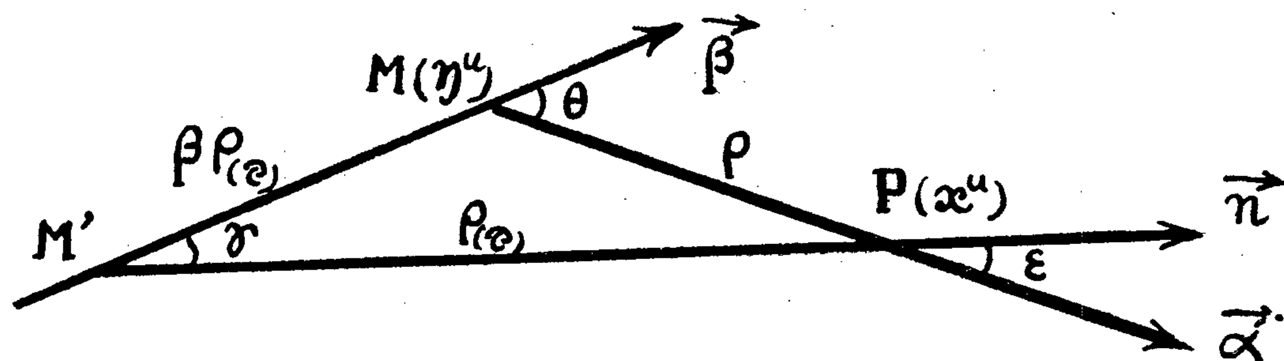
(1) Séance du 24 septembre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 510-513, et pp. 584-586.

où l'on a posé

$$f_{(x^4)} = (\rho\Delta)^{-1}\rho^{l-q}[\rho^{-1}\zeta_u^u - 2\alpha_u\zeta^u]\dot{\xi}^u, \qquad \Delta = 1 - \alpha_u\beta^u;$$

On a d'ailleurs $\dot{\xi}^u = \beta^u + \dot{\zeta}^u$; le potentiel scalaire A^4 s'obtient en remplaçant $\dot{\xi}^u$ par 1 dans la formule (1). D'après une étude que nous avons faite [3], la dernière somme sur la lettre n est la fonction $f_{(\tau)}$ du temps retardé pour le mouvement de la source. Dans le cas du mouvement rectiligne la distance retardée $\rho_{(\tau)}$ se calcule aisément par voie géométrique (voir la figure).



L'équation du second degré

$$(1 - \beta^2)\rho_{(\tau)}^2 - 2\rho\beta\cos\theta\,\rho_{(\tau)} - \rho^2 = 0$$

donne

$$(2) \qquad \rho_{(\tau)} = \rho\left[\sqrt{1 - \beta^2\sin^2\theta} - \beta\cos\theta\right]^{-1} = \rho b^{-1}.$$

Le temps retardé τ a donc pour expression

$$\tau = x^4 - \rho b^{-1}.$$

Toutes les grandeurs retardées s'expriment facilement en fonction des grandeurs actuelles; on a par exemple

$$(3) \qquad \Delta_{(\tau)}^{-1} = [1 - \beta\cos\gamma]^{-1} = b^{-1}[1 - \beta^2\sin^2\theta]^{-\frac{1}{2}} = \mathfrak{A};$$

$$(4) \qquad \alpha_{(\tau)}^u = b\,\alpha_{(x^4)}^u + \beta^u = n^u.$$

Quand $\zeta^u = 0$, il ne subsiste que $q = l = 0$ dans (1), et l'on retrouve la formule classique $A^u = (\rho\Delta)_{(\tau)}^{-1}\beta^u$ pour le mouvement rectiligne et uniforme d'une charge.

Cherchons maintenant ce qui se passe à grande distance de la source; on ne conserve que les termes en ρ^{-1}; (1), avec $l = q$, devient

$$(5) \qquad A^u = \frac{1}{l!}\sum_{l=0}^{l=\infty}(\partial^4)^l\left[(\rho\Delta)^{-1}(\alpha_u\xi^u)^l\dot{\xi}^u\right]_{(\tau)}.$$

Les fonctions τ, Δ, α des quatre variables (x^u, x^4) peuvent se développer en série de Taylor; si l'on observe le champ au voisinage du point x_0^u et au voisinage du temps x_0^4 on peut écrire

$$(6) \qquad \tau = \tau_0 + (\partial_u\tau)_0(x^u - x_0^u) + (\partial_4\tau)_0(x^4 - x_0^4) = \mathfrak{A}(x^4 - n_u x^u) + \text{const.};$$

---

(3) *Ibid.*, **221**, 1945, p. 349.

les autres termes du développement contiennent ρ^{-1} et sont négligeables par rapport aux termes indépendants de ρ; de même on peut prendre $\rho\Delta = (\rho\Delta)_0$ et $\alpha = \alpha_0$ car les dérivées introduiraient des termes en ρ^{-2}; en négligeant les termes multipolaires d'ordre supérieur, (5) donne alors

$$(7) \qquad \left\{ \begin{array}{l} A^u = \left\{ (\rho\Delta)^{-1} \left[\beta^u + \dot{\zeta}^u + \Delta^{-1} \alpha_\nu \dot{\zeta}^\nu \beta^u \right] \right\}_{(\tau)}, \\ A^4 = \left\{ (\rho\Delta)^{-1} \left[1 + \Delta^{-1} \alpha_\nu \dot{\zeta}^\nu \right] \right\}_{(\tau)}; \end{array} \right.$$

les points désignent les dérivées prises par rapport à l'argument τ; $\nu = 1, 2, 3$. Ces potentiels satisfont les relations $(\partial_u^u - \partial_4^4)A = 0$, et $\partial_u A^u + \partial_4 A^4 = 0$; les champs auront même phase τ que les potentiels; montrons qu'on y trouve le phénomène de l'aberration de la lumière et l'effet Doppler-Fizeau.

D'abord les n^u sont des cosinus directeurs, car $n_u^u = 1$; de (6) on en déduit que la lumière continuera à se propager avec la vitesse c malgré que la source soit animée de la vitesse $c\beta$; comme $n^u = \alpha_{(\tau)}^u$ la source est vue dans la position retardée; c'est le phénomène de l'aberration de la lumière; on a $\sin\varepsilon = \beta\sin\theta$ comme en relativité restreinte.

Supposons que le mouvement fin de la charge soit sinusoïdal du type $\zeta^u = \zeta_0^u \sin 2\pi\nu({}_0/c)\,x^4$; on aura

$$(8) \qquad \dot{\zeta}_{(\tau)}^u = \frac{2\pi\nu_0}{c} \zeta_0^u \cos\left[\frac{2\pi\nu_0}{c} \mathfrak{A}(x^4 - n_u x^u) + \text{const.} \right].$$

La fréquence de l'onde plane est donc

$$(9) \qquad \nu' = \nu_0(1 - \beta^2 \sin^2\theta)^{-\frac{1}{2}} b^{-1} = \nu_0(1 - \beta\cos\gamma)^{-1};$$

en supposant que le mouvement fin est indépendant du mouvement rectiligne on aboutit donc à la formule classique.

Pour retrouver la formule relativiste $\nu' = \nu_0\sqrt{1-\beta^2}/(1-\beta\cos\gamma)$, il faut admettre que le mouvement fin de la source est influencé par le mouvement rectiligne de telle sorte que l'on ait

$$(10) \qquad \nu = \nu_0\sqrt{1-\beta^2}, \qquad \text{soit } \zeta^u = \zeta_0^u \sin 2\pi \frac{\nu_0}{c} \sqrt{1-\beta^2}\, x^4.$$

Du point de vue relativiste cette formule (10) est la conséquence du ralentissement des horloges. Elle assure d'ailleurs l'invariance de la phase $2\pi(\nu/c)\tau$, qui, sans cela, aurait la variance (4) du temps retardé.

PHYSICOCHIMIE. — *Diffusion dans les liquides. Obtention directe du réseau des courbes $f(x, t, c) = 0$.* Note [1] de M. **Édouard Calvet**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai indiqué [2] le principe d'une nouvelle méthode de mesure des coefficients de diffusion dans les liquides : les franges d'interférences obtenues par le pas-

---

[1] Séance du 7 mai 1945.

[2] *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 597.

sage de la lumière dans deux cuves voisines, dont l'une contient un liquide témoin homogène et l'autre le même liquide dans lequel un processus de diffusion a lieu, dessinent les *courbes concentration c-niveau x d'un point de la cuve* à un instant t de la diffusion. La photographie de ces franges et l'enregistrement photographique simultané de leur déplacement permettent la mesure de $(d^2c/dx^2)_t$ et de $(dc/dt)_x$. On en déduit le coefficient de diffusion D.

J'ai pu perfectionner cette méthode et obtenir directement sur un même cliché le réseau des courbes $f(x, t, c) = 0$.

Au lieu de couper horizontalement le tableau de franges par la fente de l'enregistreur, j'ai placé celle-ci *verticalement* (dans une direction parallèle à celle des franges avant la diffusion). On obtient alors une représentation graphique remarquable qui permet, avec un seul cliché, l'étude complète du phénomène.

En effet, considérons une frange f à l'instant t de la diffusion; son intersection M avec la fente de l'enregistreur est à la distance d de la position initiale f_0 de cette frange avant la diffusion. La distance d mesure, à un coefficient de proportionnalité ρ près, la concentration c qui est réalisée dans la cuve à l'instant t et à l'abscisse x. Au cours du déplacement de la frange f, la distance $d = \rho c$ étant fixe, la courbe décrite sur le film photographique par le point M est donc une *courbe d'égales concentrations c*.

D'autre part deux franges voisines du tableau d'interférences sont écartées horizontalement de l'interfrange qui représente une variation constante ε de la concentration. Il en résulte que les courbes enregistrées sont telles qu'en passant de l'une à la suivante la concentration varie de la quantité constante ε.

Finalement le cliché représente la projection de courbes de niveau (d'égales concentrations), équidistantes de ε en concentration, sur le plan des x et des t.

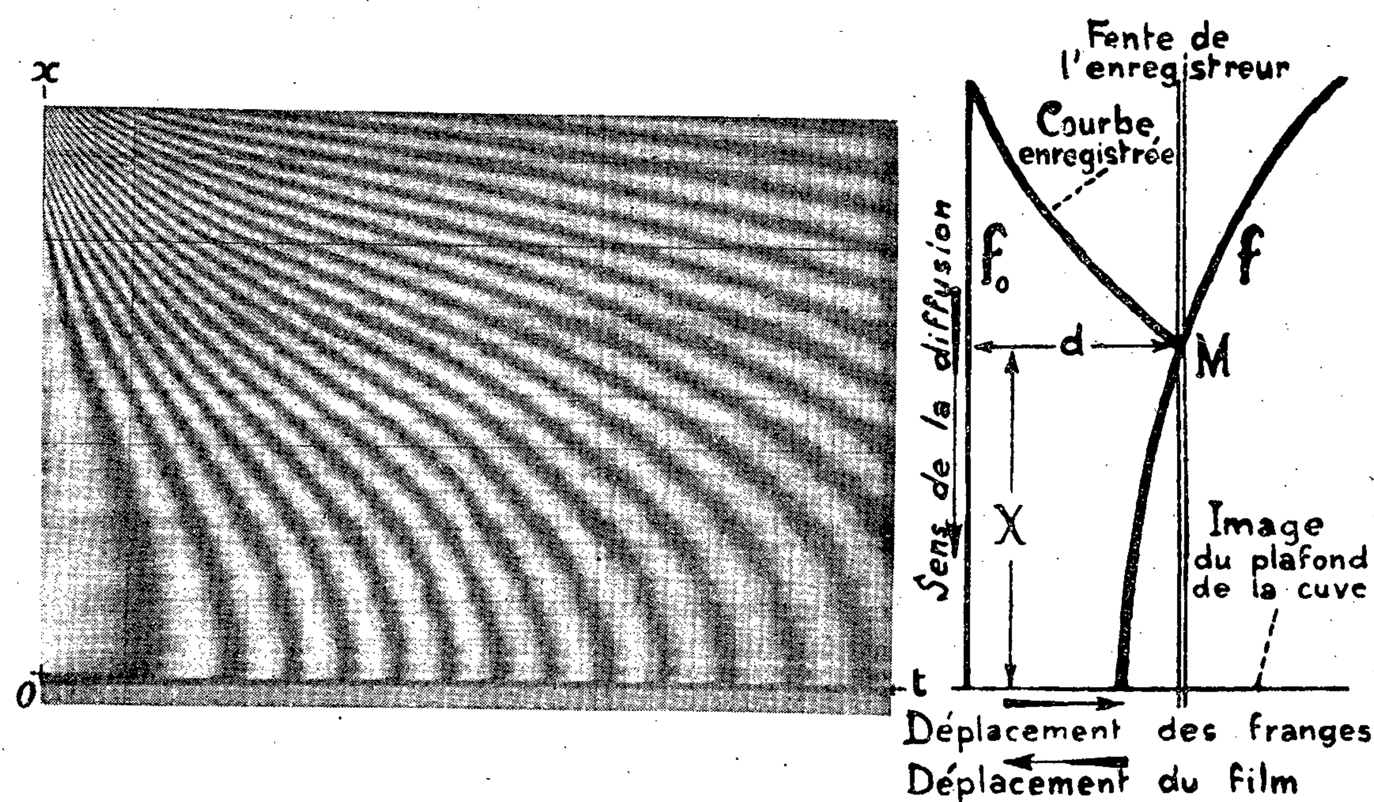
L'étude de $c = f(x)$ à un instant t donné se fait comme je l'ai montré dans ma précédente Note en mesurant les intervalles successifs I obtenus en coupant verticalement le tableau enregistré par une droite d'équation $t =$ const. L'étude de $c = f(t)$, pour une abscisse x donnée, se fait de manière analogue en mesurant les intervalles I' qui séparent horizontalement deux courbes d'égale concentration.

Exemple de mesure. Coefficients de diffusion de l'urée et du phénol dans l'eau. — Dans nos expériences la diffusion a lieu de bas en haut jusqu'à un plafond horizontal fermant la cuve. Nous avons opéré dans une salle à température constante de 16°.

Le cliché ci-après représente le début d'un enregistrement (diffusion de l'urée dans l'eau). Il rend compte de tous les détails du phénomène. Il permet la détermination d'un grand nombre de valeurs du coefficient de diffusion D.

On a réalisé plusieurs coupures du cliché parallèles à l'axe des X et l'on a déterminé à l'aide du comparateur les intervalles I. On a tracé les courbes $I = f(X)$, puis $1/I = f(X)$. On en a déduit la pente a des tangentes à ces dernières.

De même on a réalisé des coupures parallèles à l'axe des t et l'on a déterminé au comparateur les intervalles I'. On a tracé les courbes $I' = f(t)$ qui per-



mettent alors de mieux évaluer I'. Le coefficient de diffusion D est donné par

$$D = \frac{v}{G^2} \times \frac{1}{I'a}.$$

v étant la vitesse de déplacement du film en cm/jour et G le grandissement.

Résultats. — Les premières mesures ont été effectuées avec le phénol et l'urée diffusant dans l'eau. Elles montrent que :

1° D est sensiblement constant pour les faibles valeurs de c et de dc/dx. Jusqu'à $c = 0{,}003$ et $dc/dx = 3/1000$ par centimètre, on trouve, pour le phénol, $D = 0{,}70$ et, pour l'urée, $D = 0{,}85$.

2° D dépend de c et du gradient de c. Nous avons constaté une augmentation de la valeur de D avec le gradient de c dans le cas de l'urée et au contraire une diminution dans le cas du phénol. Une étude plus complète de ces variations est en cours.

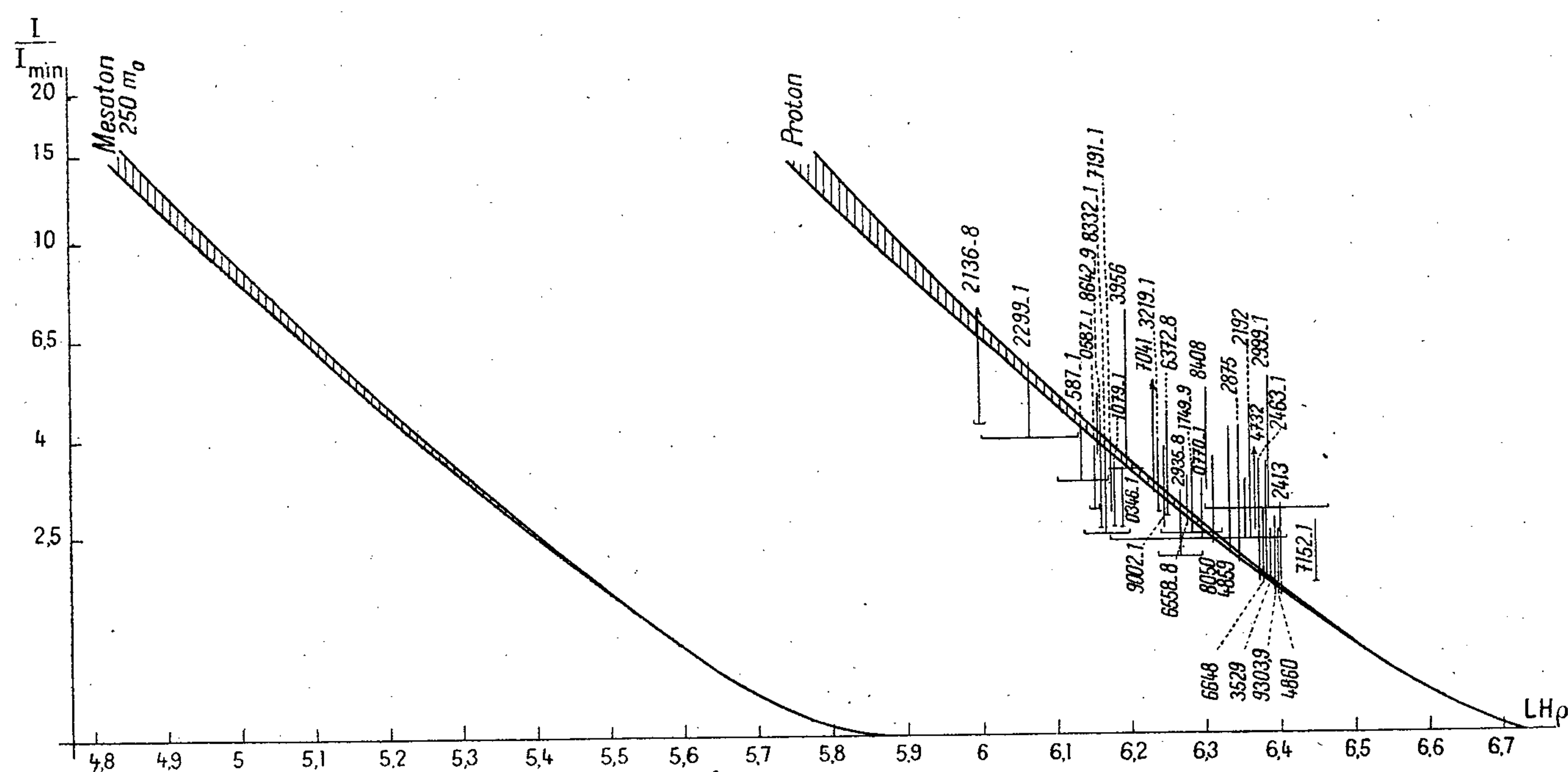
3° Influence du plafond de la cuve : les tangentes aux franges sur le plafond de la cuve ne sont verticales qu'au début et à la fin de la diffusion. Nous avons observé ce fait dans toutes les expériences que nous avons réalisées : pendant la plus grande partie de la diffusion il y a dissymétrie de l'onde incidente de diffusion et de l'onde réfléchie sur le plafond; le principe dit « de réflexion » n'est pas vérifié.

Nous signalons enfin que notre méthode est applicable à l'étude de la conductibilité thermique des liquides.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Observation des protons de grande énergie dans la partie pénétrante du rayonnement cosmique*. Note (¹) de MM. **Louis Leprince-Ringuet, Michel Lhéritier** et **Robert Richard-Foy**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons obtenu à Largentière (1000ᵐ d'altitude), avec la grande chambre de Wilson de 75ᶜᵐ commandée par compteurs, plusieurs milliers de trajectoires verticales de particules du rayonnement cosmique, traversant toute la chambre et filtrées en général par 12ᶜᵐ de plomb. Elles sont dues aux mésotons du groupe dur et présentent une ionisation voisine du minimum.

En les examinant nous avons constaté que, pour un très petit nombre d'entre elles, l'ionisation était nettement supérieure au minimum et nous avons pu estimer grossièrement sa valeur par la proximité des grains et l'aspect plus ou moins continu du rayon. Il s'est trouvé que toutes les trajectoires dont l'ionisation est nettement supérieure au minimum



Les deux zones hachurées comprises entre chacun des groupes de courbes donnent les limites de l'évaluation théorique de l'ionisation en fonction de Log Hρ. Chaque trait vertical correspond à l'estimation des limites de l'ionisation d'une particule, repérée par le numéro du cliché. Les traits surmontés d'une flèche indiquent que l'estimation porte seulement sur le minimum. Les traits horizontaux donnent les limites de Log Hρ dans le cas des mesures les moins précises.

correspondent à des particules de grande énergie chargées positivement, en supposant leur déplacement de haut en bas. En utilisant les courbes tirées de la formule de Bloch, qui donnent, pour les diverses masses, l'ioni-

(¹) Séance du 4 juin 1945.

sation en fonction du produit $H\rho$ du champ magnétique par le rayon de courbure, nous avons obtenu les résultats représentés ci-dessus : on voit que toutes ces particules s'identifient bien à des protons, observés dans une région où leur moment réduit $P = pc/M_0c^2 < 0{,}65$ (p, quantité de mouvement). Nous n'avons trouvé aucune particule négative, ce qui confirme le bien-fondé de la méthode. Sur environ 7000 rayons mesurés, nous avons trouvé 35 protons de grande énergie.

Il ne s'agit pas ici des protons lents, en général proches de leur fin de parcours et produisant une ionisation beaucoup plus élevée, que l'on observe fréquemment, éjectés dans les directions les plus diverses : les protons dont nous indiquons ici les proportions apparaissent dans les mêmes conditions que les mésotons de grande énergie du groupe dur. Ils en diffèrent seulement par une ionisation un peu plus élevée. Si nous comparons le nombre de ces protons au nombre de mésotons observés dans la même région du spectre d'impulsion, nous trouvons que leur proportion est de l'ordre de 2,5 à 3 %. Pour les impulsions supérieures à 700 millions d'électron-volts, il n'est plus possible de distinguer un proton d'un mésoton. Si nous supposons, par extrapolation, que la proportion des protons dans la totalité du groupe dur est la même que dans la zone où la discrimination est possible, nous obtenons donc une proportion totale de protons de grande énergie de l'ordre de 2,5 à 3 %. Ces protons sont responsables, tout au moins en partie, de l'excès des particules positives trouvé dans le spectre du rayonnement cosmique.

D'autre part, ces résultats indiquent une proportion de protons très supérieure à celle des protons primaires, qui, selon la théorie de Heitler, Hamilton et Peng ([2]), sont capables d'atteindre les basses couches de l'atmosphère.

Une confirmation de notre méthode nous a été donnée par l'examen de deux trajectoires obtenues au niveau de la mer avec une chambre de Wilson contenant un écran de plomb horizontal; l'une d'elles, reconnue comme un proton par l'estimation de son ionisation et la mesure de sa courbure, possède l'énergie cinétique de 50 MeV ($300\,H\rho = 300$ MeV), qui ne lui permet pas de traverser l'écran de 17^{mm} de plomb; l'autre, identifiée de même à un proton ($300\,H\rho = 600$ MeV), perd l'énergie cinétique de 75MeV au passage de l'écran, ce qui correspond bien à l'ionisation estimée.

([2]) *Phys. Rev.*, **64**, 1943, p. 78.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Expressions générales de la pression osmotique; pression osmotique des solutions colloïdales et coacervation.* Note de M. **Guy Emschwiller**, transmise par M. Paul Langevin.

On ne connaît d'autre théorie satisfaisante de la pression osmotique que celle qui l'assimile à la surpression hydrostatique tendant à chasser de la solution, à travers la paroi semiperméable, autant de solvant que la tendance à égalisation de son énergie libre en ferait entrer. On relie ainsi directement la valeur de la pression osmotique à la variation d'énergie libre du solvant

$$P = -\frac{\Delta F}{\bar{v}},$$

où P est la pression osmotique, ΔF la variation d'énergie libre molaire du solvant quand il passe de l'extérieur dans la solution, $\bar{v}$ le volume molaire partiel du solvant dans la solution.

Dans le cas où le solvant est constitué par un liquide pur, la relation devient

$$P = -\frac{RT}{\bar{v}}\ln a$$

ou, pour une solution idéale

$$P = -\frac{RT}{\bar{v}}\ln x,$$

où R est la constante des gaz parfaits, T la température absolue, x la fraction molaire du solvant dans la solution, a son activité, le liquide pur étant pris comme état de référence. On sait que les solutions suffisamment étendues peuvent être considérées comme idéales; si l'on identifie alors le volume partiel du solvant et le volume total de la solution, si l'on ne prend d'autre part que le premier terme du développement en série de $\ln(1-x_D)$, x_D étant la fraction molaire du ou des corps dissous, on retrouve la loi de van't Hoff sous sa forme classique

$$P = RTc,$$

où c est la concentration molaire, rapportée à l'unité de volume de la solution, du corps ou de l'ensemble de corps dissous.

Dans le cas le plus général d'un nombre quelconque de corps dissous dans un solvant renfermant un nombre quelconque de constituants, la pression osmotique est donnée par la relation

$$P = -\frac{RT}{\bar{v}}\ln\left[\left(\frac{a_1}{a'_1}\right)^{x_1}\left(\frac{a_2}{a'_2}\right)^{x_2}\cdots\left(\frac{a_i}{a'_i}\right)^{x_i}\cdots\right],$$

où x_i est la fraction molaire du $i^{\text{ième}}$ constituant dans le mélange solvant, a_i son activité dans la solution et a'_i dans le solvant. On retrouve ici encore en solution suffisamment étendue la loi de van't Hoff, car il est permis d'admettre qu'alors

l'un quelconque des constituants a mêmes coefficients d'activité dans le solvant et dans la solution.

Cette conception de la pression osmotique des solutions dans des mélanges solvants présente un intérêt pratique, car on a parfois déterminé dans ces conditions la pression osmotique des solutions colloïdales. Mais on peut se heurter ici à cette difficulté que, par suite de phénomènes de combinaison ou d'adsorption sélectives, le liquide extraparticulaire n'ait plus la même composition que le solvant initial. Si donc, pour mesurer la pression osmotique, on oppose à la solution étudiée le solvant initial, des échanges se produiront jusqu'à égalisation de la composition des solvants. Il y aura variation tout à la fois de la composition du solvant extraparticulaire et du solvant extérieur (1), et l'état final du système, donc la pression osmotique, dépendront des volumes relatifs mis en œuvre. Il est clair qu'on ne peut mesurer de pression osmotique exacte de la solution qu'en lui opposant un solvant ayant la composition du liquide extraparticulaire. Pratiquement le mieux doit être de déterminer cette composition en recherchant précisément quel solvant il faut opposer à la solution pour que les compositions demeurent inchangées.

Il y a intérêt à interpréter les résultats concernant la pression osmotique des solutions colloïdales conformément aux conceptions qui précèdent. Le fait expérimental important est que les colloïdes dits linéaires ne suivent approximativement la loi de van't Hoff que pour des dilutions beaucoup plus grandes que dans le cas des autres solutions (2). On doit à G. V. Schulz (3) d'avoir montré qu'aux faibles dilutions usuelles les solutions des colloïdes linéaires, si elles sont éloignées de l'état idéal, se comportent néanmoins comme des solutions régulières, au sens que Hildebrand a donné à ce terme, c'est-à-dire que les constituants ont mêmes entropies que dans le cas idéal; Schulz a ainsi relié l'augmentation de la pression osmotique à la seule existence d'une chaleur positive de mélange.

Mais on peut rendre compte de l'ensemble des variations observées, que les solutions soient régulières ou non. Il résulte en effet approximativement de ce qui a été rappelé plus haut que la pression osmotique est supérieure ou inférieure à celle qu'on calcule dans le cas idéal, selon que l'énergie libre de mélange du solvant est supérieure ou inférieure à l'énergie libre de mélange dans le cas idéal; or ces variations d'énergies libres de mélange sont en liaison avec les valeurs relatives des forces intermoléculaires dans la solution et dans le solvant. On justifie ainsi le résultat établi expérimentalement par

---

(1) De telles variations de composition ont été effectivement observées (A. Dobry, *J. Chim. phys.*, **32**, 1935, p. 52).

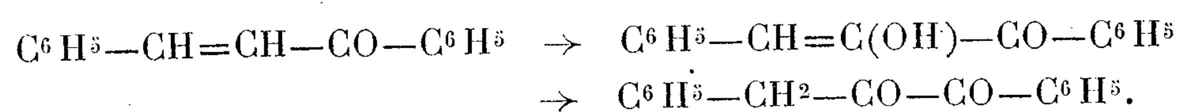
(2) A. Dobry et H. Staudinger et collaborateurs, dans Hermann Staudinger, *Organische Kolloidchemie*, Braunschweig 1941, p. 178.

(3) *Zeits. Elektrochem.*, **45**, 1939, p. 652.

A. Dobry que la pression osmotique varie dans le même sens que le *pouvoir solvant*, les *mauvais solvants* conduisant aux pressions osmotiques les plus faibles. Les pressions osmotiques peuvent même aller jusqu'à s'annuler (4); il y a alors équilibre entre le solvant et la solution, qui cessent ainsi d'être miscibles; c'est le phénomène dit de coacervation. La coacervation ne constitue de la sorte qu'un aspect particulier du phénomène général de la démixtion et n'a rien en soi d'exceptionnel; ce sont les conditions mêmes de structure des colloïdes linéaires qui communiquent aux coacervats leurs propriétés si spéciales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse nouvelle de l'acide phénylpyruvique.* Note de MM. **Henri Moureu, Paul Chovin** et **Michel Garein**, présentée par M. Marcel Delépine.

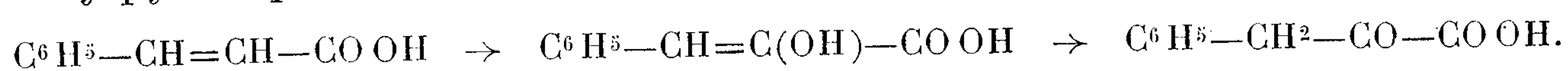
L'un de nous a précédemment démontré que l'on pouvait, par une suite de réactions simples, obtenir le phénylbenzylglyoxal en partant de la benzalacétophénone (1). Il suffit de traiter la cétone éthylénique α-bromée correspondante par la pipéridine et d'hydrolyser les composés d'addition mono- ou dipipéridinés formés intermédiairement. On réalise ainsi en définitive la transformation



$$C^6H^5{-}CH{=}CH{-}CO{-}C^6H^5 \rightarrow C^6H^5{-}CH{=}C(OH){-}CO{-}C^6H^5 \rightarrow C^6H^5{-}CH^2{-}CO{-}CO{-}C^6H^5.$$

Étendue à un grand nombre de cétones α-β-éthyléniques, la réaction s'est montrée très générale et a conduit à une méthode inédite de préparation des dicétones α (2).

Il nous a paru intéressant de rechercher si le carbonyle carboxylique d'un acide α-β-éthylénique orienterait la réaction de la même manière que le carbonyle cétonique d'une cétone α-β-éthylénique. L'expérience montre qu'il en est bien ainsi et il nous a été permis de réaliser, par des réactions très nettes, utilisant également la pipéridine, le passage de l'acide cinnamique à l'acide phénylpyruvique :



$$C^6H^5{-}CH{=}CH{-}COOH \rightarrow C^6H^5{-}CH{=}C(OH){-}COOH \rightarrow C^6H^5{-}CH^2{-}CO{-}COOH.$$

Voici quelques précisions sur le mécanisme des réactions intermédiaires :

a. Les esters cinnamiques α-bromés. — Les deux esters cinnamiques α-bromés *cis* et *trans* sont connus, mais il a été trouvé un mode de préparation permettant d'obtenir soit l'isomère ordinaire, soit l'isomère allo : il suffit de traiter une molécule de cinnamate de méthyle dibromé par une molécule, soit d'éthylate de sodium, soit de pipéridine et de purifier par plusieurs rectifications sous vide l'ester α-bromé brut formé.

---

(4) A. Dobry, *J. Chim. phys.*, 36, 1939, p. 102.

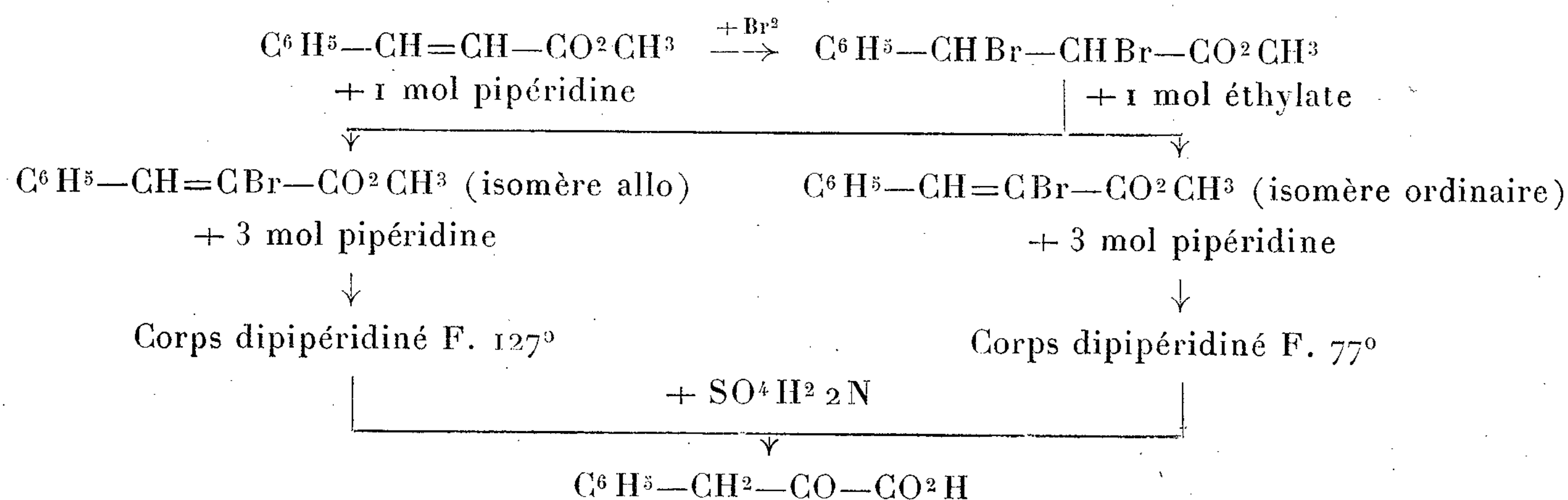
(1) Ch. Dufraisse et H. Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, [4], 41, 1927, p. 457.

(2) Ch. Dufraisse et H. Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, [4], 41, 1927, p. 1370.

b. Les composés dipipéridinés intermédiaires. — En traitant par la pipéridine les cinnamates de méthyle α-bromés ordinaire et allo, il n'a pas été possible d'isoler des composés d'addition intermédiaires analogues à ceux que Ch. Dufraisse et H. Moureu avaient pu mettre en évidence avec les cétones α-β-éthyléniques. Seuls se forment deux composés d'addition dipipéridinés isomères, l'un fondant à 77°, lorsqu'on traite le cinnamate de méthyle α-bromé ordinaire par trois molécules de pipéridine, l'autre fondant à 127°, lorsqu'on s'adresse dans les mêmes conditions à l'isomère allo.

c. Hydrolyse en acide phénylpyruvique. — Chacun des deux esters dipipéridinés isomères, chauffé plusieurs heures à l'ébullition avec de l'acide sulfurique 2N, subit une hydrolyse profonde qui remplace non seulement chacun des groupes dipipéridinés par un oxhydryle, mais encore fait sauter le groupe méthylique terminal. Finalement, dans les deux cas, on aboutit à l'acide phénylpyruvique $C^6H^5-CH^2-CO-CO^2H$ avec un rendement supérieur à 50 %, compté en acide purifié par recristallisation dans le benzène.

L'ensemble des transformations est résumé dans le tableau suivant :



d. Structure des composés dipipéridinés. — L'existence de deux isomères dipipéridinés permet de penser qu'on a affaire aux deux diastéréoisomères α-β répondant à la formule $C^6H^5-CH(NC^5H^{10})-CH(NC^5H^{10})-CO^2CH^3$. Un autre argument en faveur de cette hypothèse est qu'il a été possible de mettre en évidence, dans les eaux mères de l'hydrolyse des deux composés dipipéridinés, la présence de composés carboxylés et α-β-dihydroxylés, qui doivent être les acides phénylglycériques correspondants $C^6H^5-CHOH-CHOH-CO^2H$. Il n'est cependant pas possible d'affirmer que les acides phénylglycériques en question sont les intermédiaires obligés conduisant à l'acide phénylpyruvique. Ils pourraient n'être que des produits secondaires, ce qui, d'ailleurs, n'infirme pas l'hypothèse ci-dessus.

e. Analogies réactionnelles entre les cétones α-β-éthyléniques et les acides α-β-éthyléniques. — Il est intéressant de souligner ici qu'il est également possible de transformer l'acide cinnamique en acide benzoylacétique $C^6H^5-CO-CH^2-CO^2H$, isomère de position de l'acide phénylpyruvique, en utilisant, cette fois-ci, l'éthylate de sodium comme réactif d'addition ([3]). Si l'on se souvient maintenant que l'action de l'éthylate de sodium, appliquée à une cétone α-β-éthylénique telle que la benzalacétophénone $C^6H^5-CH=CH-CO-C^6H^5$, conduit à une dicétone-β, le dibenzoylméthane $C^6H^5-CO-CH^2-CO-C^6H^5$ ([4]), on voit, en définininitive, que, compte tenu de certaines particularités observables dans la formation des corps intermédiaires, il existe un

---

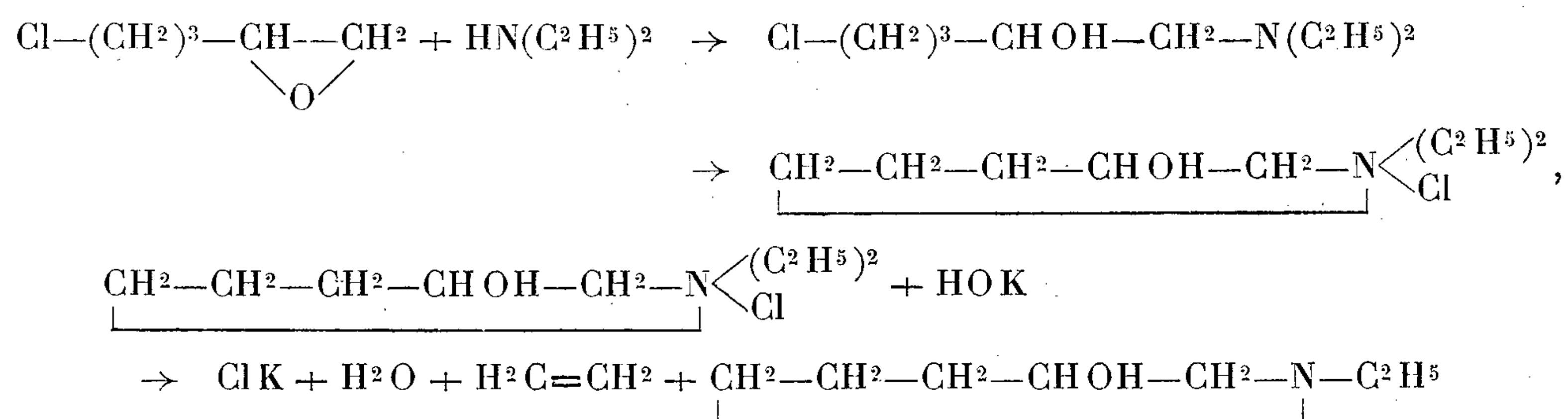
([3]) V. L. Leighton, *J. Am. Chem. Soc.*, **20**, 1898, p. 133.

([4]) Ch. Dufraisse et P. Gérald, *Bull. Soc. Chim.*, [4], **31**, 1922, p. 1285.

parallélisme complet dans le comportement des acides α-β-éthyléniques et des cétones α-β-éthyléniques vis-à-vis des réactifs tels que la pipéridine et l'éthylate de sodium. Le premier conduit à des corps α-cétoniques, le second à des composés β-cétoniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'hydroxy-3 pipéridine.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Marcel Delépine.

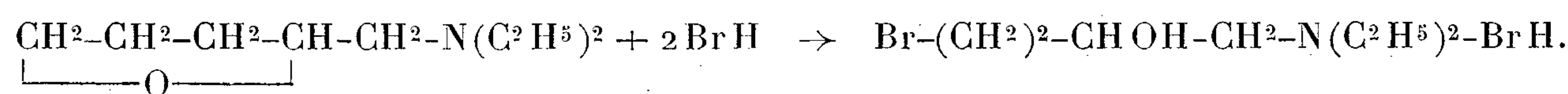
L'époxy-1.2 chloro-5 pentane fixe, à 100°, exactement une molécule de diéthylamine en donnant un solide cristallin incolore, qui est vraisemblablement le chloroéthylate d'éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine. Ce composé est en effet entièrement soluble dans l'eau et, lorsque l'on sature par l'hydroxyde de potassium sa solution aqueuse, il ne se sépare aucune couche insoluble. Par contre, en chauffant à l'ébullition la solution ainsi obtenue, il se dégage de l'éthylène, en même temps qu'il se sépare un liquide huileux dont la composition et les propriétés sont en bon accord avec celles de l'*éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine* :



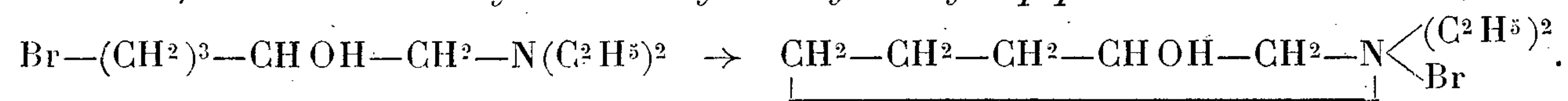
L'éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine n'avait pas encore été décrite jusqu'ici; c'est un liquide incolore d'odeur vireuse, mais nullement désagréable et qui bout à 97°-98° sous 21^mm^ (D_{15}^{23} 0,966, N_D^{23} 1,47427). Le rendement, compté à partir de l'époxychloropentane, est de 77 %.

Il n'a pas été possible d'isoler le diéthylamino-1 chloro-5 pentanol-2 qui doit prendre naissance dans la réaction. Ceci n'est pas surprenant, étant donné l'instabilité bien connue des amines δ-halogénées, et d'ailleurs l'essai suivant montre que le mécanisme que nous venons de proposer est très vraisemblable.

A la solution acétique d'une molécule de diéthyl-N-tétrahydrofurfurylamine, on fait absorber exactement 2^mol^ de gaz bromhydrique sec, et l'on chauffe le tout durant quelques heures à 100° pour ouvrir l'hétérocycle :

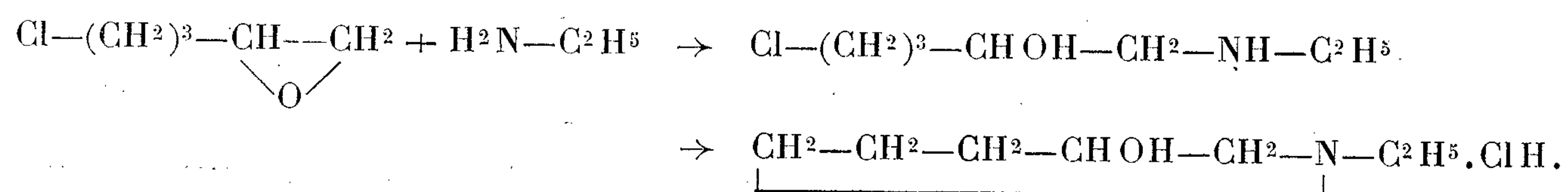


Le produit de la réaction est entièrement soluble dans l'eau et, en neutralisant avec précaution sa solution avec de l'ammoniaque, il se précipite une huile dense, que l'on sépare rapidement de la couche aqueuse. Cette huile s'échauffe spontanément au bout de quelques minutes en se transformant en une masse translucide, très soluble dans l'eau qui, sans aucun doute, est le *bromoéthylate d'éthyle-1 hydroxy-3 pipéridine*



En chauffant en effet, à l'ébullition, sa solution aqueuse saturée de potasse, on obtient, comme dans le cas précédent, un dégagement d'éthylène et l'on recueille, avec un rendement de 74 % (compté à partir de la tétrahydrofurfurylamine) l'éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine, dont les constantes sont identiques à celles du produit obtenu à partir de l'époxy-chloropentane.

Ce même aminoalcool a été obtenu d'une façon plus directe en chauffant à 100° un mélange équimoléculaire d'époxy-1.2 chloro-5 pentane et de mono-éthylamine :



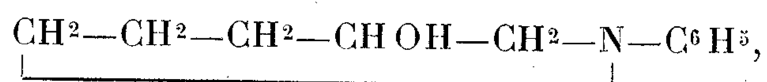
Il suffit alors de saturer de potasse ou de soude la solution du produit de la réaction pour en séparer l'éthylhydroxypipéridine (rendement 74 %). Traitée par le chlorure de benzoyle en milieu benzénique, l'éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine donne le chlorhydrate de son ester benzoïque, sous forme d'aiguilles incolores, fusibles à 204° et possédant des propriétés anesthésiques très marquées

En chauffant à 150° l'éthylhydroxypipéridine avec un excès d'acide chlorhydrique concentré ou bien en la traitant par la quantité calculée de chlorure de thionyle à 100°-120°, on obtient l'*éthyl-1 chloro-3 pipéridine*



liquide incolore, à odeur de moisi, bouillant à 75° sous 20mm ($D_{15}^{19,5}$ 0,996; $E_D^{19,5}$ 1,46807). Son picrate fond à 156°-157° et son iodométhylate vers 210°.

Cette formation exclusive du cycle pipéridinique dans une molécule capable d'engendrer également un cycle tétrahydrofurannique dont la formation est si aisée, nous a paru digne d'être signalée. Nous avons obtenu, de la même façon, le *phényl-1 hydroxy-3 pipéridine*

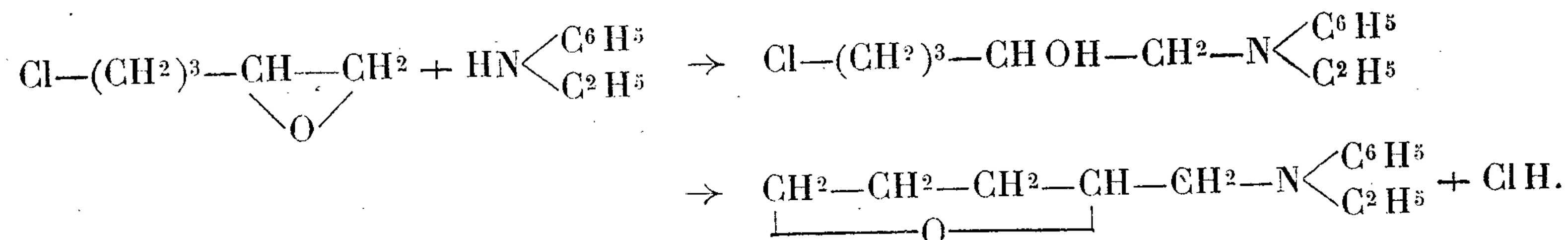


liquide incolore, bouillant à 176° sous 16mm (D_{15}^{15} 1,099; N_D^{15} 1,57856), en chauffant à 120° un mélange équimoléculaire d'aniline et d'époxy-1.2 chloro-5 pentane.

Dans cette réaction non plus, nous n'avons pu mettre en évidence la formation d'un cycle tétrahydrofurannique qui aurait conduit à la phényl-N-tétrahydrofurfurylamine; cette amine, qui bout à 155°-156°, sous 10mm (D_{15}^{11} 1,075; N_D^{11} 1,56456), a été d'ailleurs obtenue sans difficulté par action du chlorure de tétrahydrofurfuryle sur l'aniline vers 150°.

Cependant la formation du cycle pipéridinique, de préférence au cycle tétrahydrofurfurannique, ne peut être considérée comme une règle absolument

générale, car la monoéthylaniline chauffée durant 12 heures à 125° avec l'époxy-1.2 chloro-5 pentane ne nous a pas donné le chloroéthylate de phényl-1 hydroxy-3 pipéridine comme nous l'espérions, mais seulement le *tétrahydrofurfuryl-N-éthyl-N-aniline*



Cette amine, qui bout à 176-177°, sous 20^mm (D_{15}^{22} 1,052; N_D^{22} 1,55 962) s'est révélée identique au produit obtenu par action directe de l'éthylaniline sur le chlorure de tétrahydrofurfuryle.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Mise en évidence par micrographie et par rayons X des imperfections de structure des gros cristaux métalliques.* Note de MM. **Paul Lacombe** et **Louis Beaujard**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que les gros cristaux métalliques préparés *à partir de l'état liquide* présentent des imperfections de structure et d'orientation dues à leur croissance dendritique (1). Dans ce travail, nous avons pu montrer, à la fois par micrographie et par rayons X, que les gros cristaux d'aluminium, préparés *à partir de l'état solide* par la méthode de l'écrouissage critique (2), présentaient également des défauts de structure.

L'attaque micrographique par le réactif aux trois acides NO^3H, HCl, H^2F^2, d'un monocristal poli électrolytiquement fait apparaître, en dehors des figures de corrosion réparties absolument au hasard, des alignements de points d'attaque, disposés d'une part le long des joints de grains de la cristallisation actuelle et d'autre part à l'intérieur des limites d'un même monocristal. De plus on retrouve rigoureusement le même réseau d'alignements au cours de polissages et d'attaques micrographiques successives d'un même échantillon. Enfin les recto et verso d'un même monocristal reproduisent exactement le même réseau de figures de corrosion alignées (*fig.* 1 et 2). Ces alignements ne correspondent donc pas à de simples discontinuités superficielles du monocristal, telles que des microfissures ou des alignements d'impuretés, mais sont en réalité les traces de surfaces de séparation, existant dans toute l'épaisseur du cristal unique.

Ces discontinuités de structure des monocristaux ne peuvent être observées que sur des surfaces polies électrolytiquement et attaquées par un réactif convenable. Notre formule précédente (3), au cours d'une attaque prolongée, multiplie rapidement les figures de

(1) P. W. Bridgman, *Proc. Amer. Acad. Sci.*, 60, 1924, p. 305.
(2) Carpenter et Elam, *Proc. Roy. Soc.*, A, 100, 1921. p. 329.
(3) P. Lacombe et L. Beaujard, *Comptes rendus*, 219. 1944, p. 66.

corrosion, masquant ainsi toute répartition régulière de celles-ci. Nons préconisons le réactif suivant, utilisé à température inférieure à 10°, NO^3H fumant 47 %, ClH pur 50 %, F_2H^2 pur 3 %.

On pouvait se demander à priori, d'après l'allure polyédrique des alignements, s'il ne s'agissait pas d'anciens contours de grains de la cristallisation primaire dont on retrouverait la trace après croissance des gros

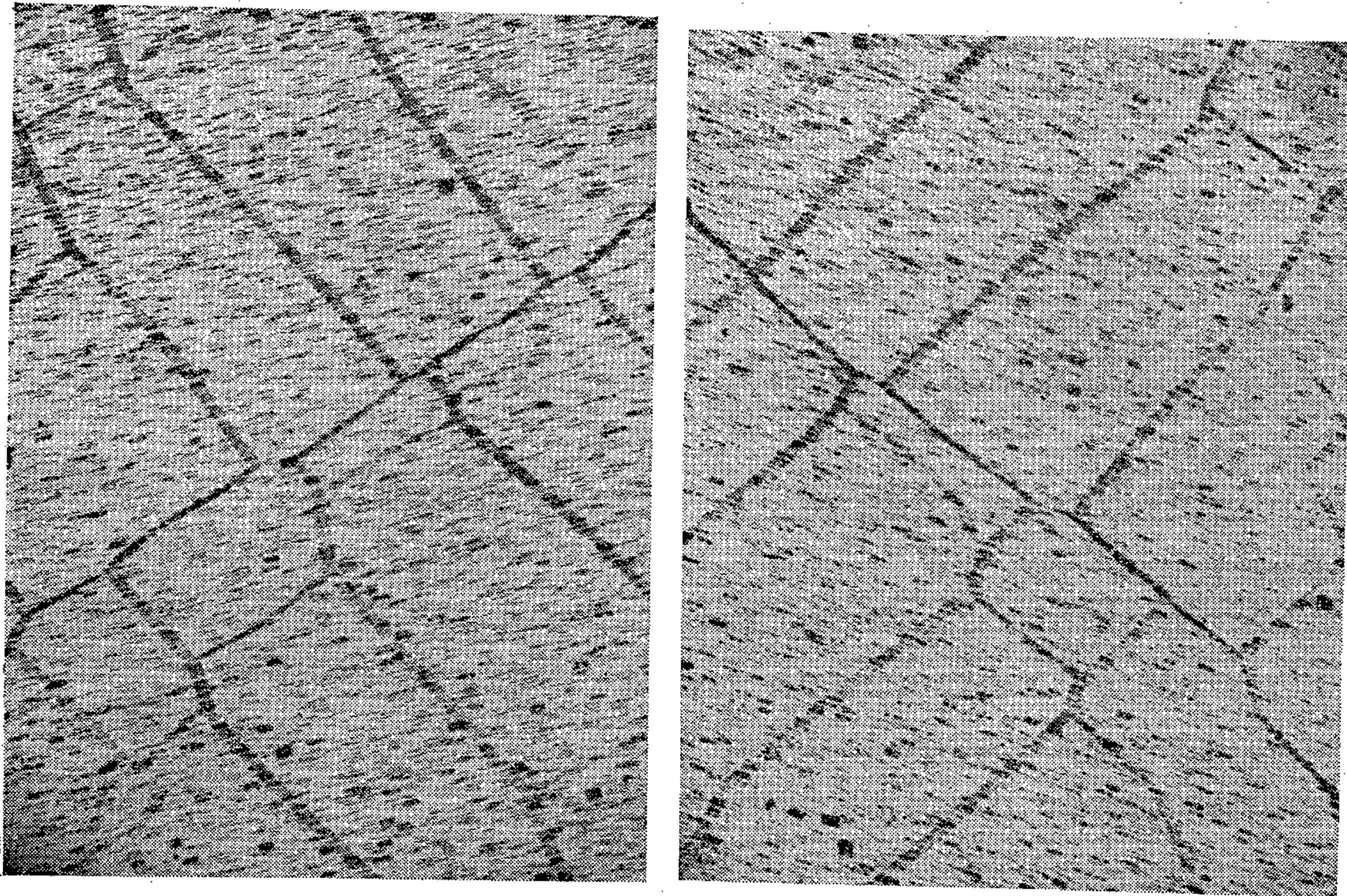


Fig. 1 et 2. — Similitude du réseau des figures de corrosion sur les *recto* et *verso* d'un même monocristal d'aluminium. G. = 100.
(Réduction au 1/2.)

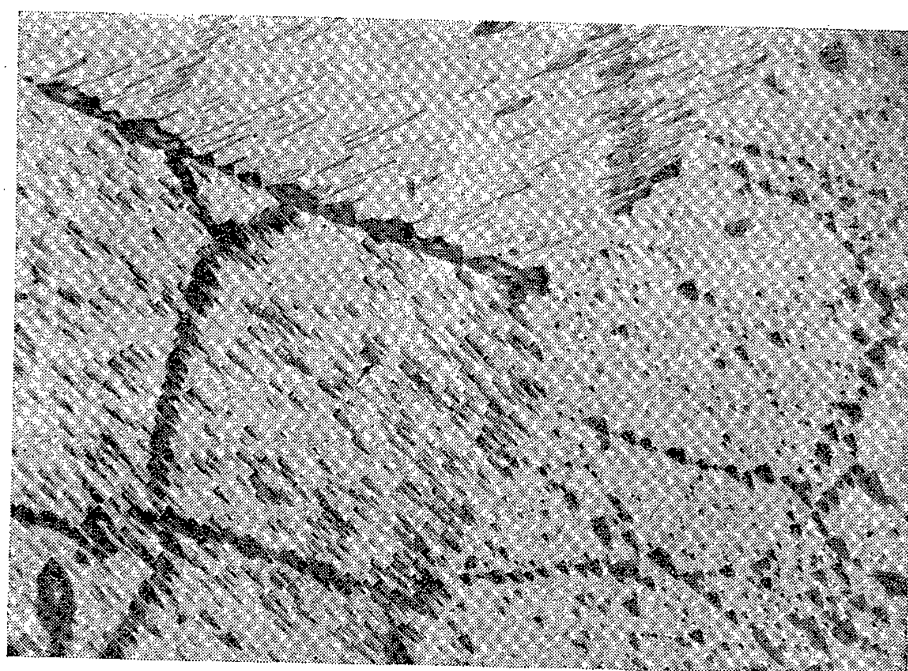


Fig. 3. — Alignements observés sur 3 cristaux accolés limités strictement aux contours des grains actuels. G. = 300.
(Réduction au 1/2.)

cristaux. Cette hypothèse ne peut être retenue pour deux raisons. En premier lieu l'examen de plusieurs gros cristaux voisins montre que les

alignements sont toujours limités aux contours des grains actuels et ne se prolongent pas d'un cristal à l'autre (*fig.* 3). En second lieu, le souvenir d'une cristallisation antérieure du métal devrait rester immuable quelles que soient la durée et la modalité des traitements thermiques subis postérieurement par les gros cristaux. En fait un nouveau chauffage d'un cristal unique provoque une modification complète du réseau d'alignements, comme si l'individu cristallin subissait une réorganisation complète de structure.

Nous pensons donc qu'il s'agit de véritables discontinuités de structure du monocristal, telles que des contours *intracristallins* limitant des petits blocs d'orientation très légèrement différente dont l'assemblage constitue le monocristal. Nous avons pu confirmer cette hypothèse en explorant la surface d'un monocristal par un très fin pinceau de rayons X (collimateur de 3/10 de millimètre) émis par une anticathode de tungstène. L'examen des taches de Laüe obtenues pour les grands angles de diffraction (diagramme par réflexion) permet alors de faire des mesures d'orientation cristalline à quelques minutes près. Nous avons pu observer ainsi à la surface d'un même monocristal, tel qu'il est défini par l'attaque macrographique, des différences d'orientation allant de quelques minutes à 2 ou 3° pour l'aluminium raffiné étudié. Il nous reste à préciser ultérieurement la modalité des mesures précises d'orientation.

Cette observation d'imperfections de structure des gros cristaux à l'échelle microscopique est à rapprocher des études de M. Buerger [4] sur la *lineage structure*. Il n'est pas exclu de penser également que cette structure présente une relation et des analogies, à l'échelle près, avec la structure dite mosaïque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrolyse chimique de l'acide inositohexaphosphorique*. Note de M. **Paul Fleury**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que l'acide inositohexaphosphorique, en solution aqueuse, s'hydrolyse très difficilement. Son hydrolyse pratiquement complète n'a pu être obtenue jusqu'ici qu'en utilisant des milieux très riches en acide (par exemple 40 à 50^{g} d'acide sulfurique pour 100$^{cm^3}$ à l'ébullition pendant 8 heures).

La stabilité de cet ester se rapproche donc de celle des acides glycérophosphoriques. Or on sait maintenant [1] que la vitesse d'hydrolyse de ces composés est fonction du pH du milieu et présente un optimum très

---

[4] *Zeits. f. Kristall.*, 89, 1934, p. 195.

[1] M.-C. Bailly, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1902.

net à pH = 4,7. Nous nous sommes demandé si cette observation n'était pas généralisable à d'autres esters phosphoriques et en particulier à l'acide inositohexaphosphorique.

Nous avons utilisé l'inositohexaphosphate de sodium à 35 H^2O. Les solutions, dont la concentration finale était de 2 %, sont amenées au pH voulu par addition d'une quantité convenable d'acide sulfurique dilué, et chauffées ensuite à + 120° pendant un temps déterminé. On dose alors l'acide phosphorique libéré.

1° *Vitesse d'hydrolyse en fonction de la réaction du milieu.* — Nous avons été amené à explorer une gamme très étendue de pH et même, du côté acide, à utiliser des milieux où la notion de pH ne s'applique plus. Nous avons voulu ainsi raccorder nos expériences avec les essais d'hydrolyse en milieu très fortement acide réalisés par nos prédécesseurs. Elles s'étendent donc depuis le milieu obtenu avec la soude à la concentration normale jusqu'à ceux contenant l'acide sulfurique à la concentration 10 N en passant par les pH 0, 1, 2, 5 et 9. Les résultats obtenus (*fig.* 1) montrent

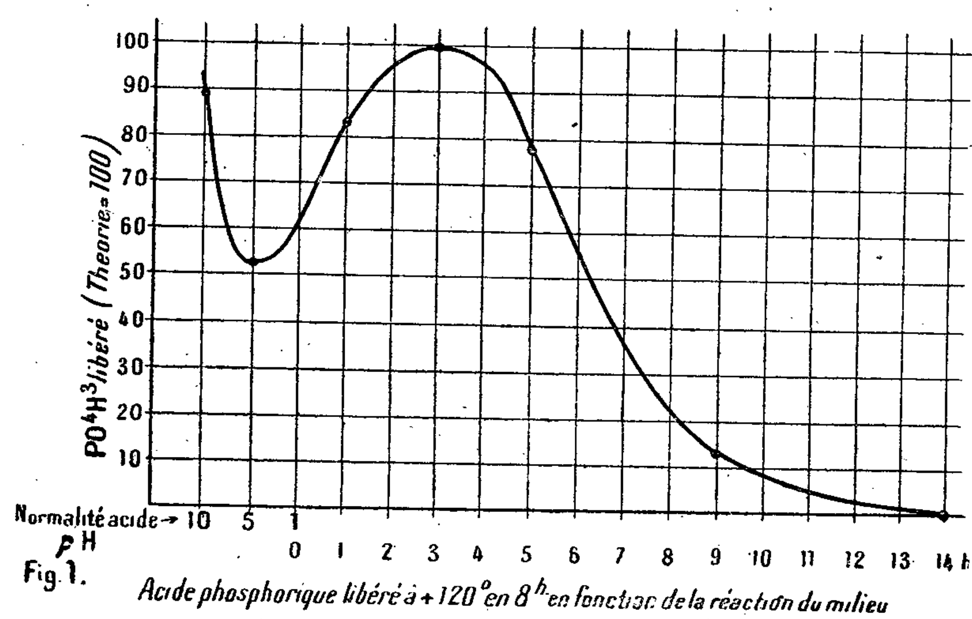


Fig. 1. Acide phosphorique libéré à + 120° en 8h en fonction de la réaction du milieu

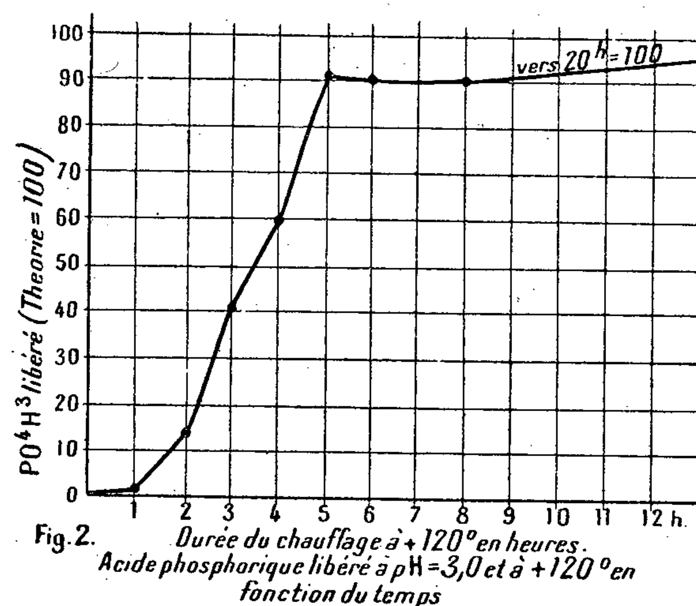


Fig. 2. Acide phosphorique libéré à pH = 3,0 et à + 120° en fonction du temps

que la vitesse d'hydrolyse (appréciée d'après la quantité d'acide phosphorique libérée au bout de 8 heures à + 120°) passe par un maximum très net pour un milieu dont le pH est situé aux environs de 3.

Au-dessus de ce pH la vitesse diminue rapidement; cependant, en milieu alcalin (pH 9), l'hydrolyse peut encore se manifester et il faut arriver à des milieux de pH très élevé pour que la stabilité de l'ester paraisse réellement complète. Au-dessous de pH 3, la vitesse diminue également avec rapidité au fur et à mesure que le pH s'abaisse, tout en restant encore notable à pH 0. Elle continue à s'abaisser encore pour des concentrations en acide sulfurique passant de N à 5 N, et c'est seulement pour des concentrations plus fortes que la vitesse d'hydrolyse, après ce minimum, augmente à nouveau rapidement. On entre alors dans la zone utilisée par nos prédécesseurs, mais on voit que, pour atteindre la vitesse d'hydrolyse observée vers pH 3, il faut réaliser des concentrations en acide qui atteignent 10 N,

c'est-à-dire des titres de l'ordre de 50g d'acide sulfurique pour 100cm³ de solution.

2° *Vitesse d'hydrolyse en fonction de la durée.* — Nous avons opéré au pH optimum de 3,0 en chauffant nos solutions à + 120° pendant des temps variables. Nos résultats (*fig.* 2) montrent que la quantité d'acide phosphorique libéré, fonction de la vitesse d'hydrolyse, est peu appréciable au bout de 2 heures (15 % environ), mais s'accroît ensuite très rapidement jusqu'à la 5e heure où elle atteint environ 90 %. A partir de ce moment elle ne croît plus que très lentement, puisque à la 8e heure elle n'est pas très sensiblement différente de la quantité observée à la 5e heure. Enfin à la 20e heure elle est totale. L'hypothèse la plus simple pour expliquer ces particularités consiste à admettre qu'à partir de la molécule d'hexaester l'acide phosphorique serait détaché progressivement avec formation successive d'esters de moins en moins phosphorylés et que ces esters auraient des stabilités différentes. On sait, depuis les travaux de S. et Th. Posternak ([2]), que certains de ces esters peuvent être isolés et, pour quelques-uns d'entre eux, précisément dans des conditions qui mettent en jeu les stabilités différentes des diverses liaisons esters. Toutefois, à notre connaissance, des données numériques précises sur leurs vitesses d'hydrolyse manquent encore, et la vérification de notre hypothèse a besoin de s'appuyer sur de nouveaux travaux.

Dans les expériences où l'hydrolyse nous paraissait totale d'après l'acide phosphorique libéré, nous avons tenu à confirmer ce résultat en dosant l'inositol et en extrayant ce composé. Nos dosages nous ont donné les résultats prévus et nous avons pu isoler l'inositol à l'état pur et cristallisé.

En résumé, comme dans le cas de l'acide glycérophosphorique, la vitesse d'hydrolyse chimique de l'acide inositohexaphosphorique varie en fonction du pH de la solution. Elle est maximum pour pH 3 environ. L'étude de l'hydrolyse à pH 3 en fonction du temps révèle des particularités qui ne peuvent s'expliquer qu'en admettant une libération d'acide phosphorique par stades successifs. Ces faits peuvent être utilisés pour une préparation relativement commode de l'inositol à partir du sel commercial calcico-magnésien de l'acide inositohexaphosphorique.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les méandres de la Basse Seine*. Note ([1]) de MM. **A. Cholley et Ab. Firmin**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les méandres de la Basse Seine sont remarquables par leur *gigantisme* (exagération du gabarit) et par le fait que ces sinuosités ne composent pas un *train de méandres* régulier.

([2]) *Helv. Chim. Acta*, **12**, 1929, p. 1165.

([1]) Séance du 4 juin 1945.

On peut y distinguer trois systèmes, différents par le régime de sinuosités, le gabarit et même la longueur d'onde.

1° *Les petits méandres de la forêt de Brotonne* forment un nœud de trois petits méandres dont Chaput a souligné le rapport avec le remblaiement de 55^{m}. L'étude morphologique montre qu'au-dessus de 35-40^{m} le profil des versants offre partout un talus incliné, trace des bords d'une ancienne auge alluviale qui ne présentait que des sinuosités très amorties et dont le fond rocheux correspond sans doute au thalweg de la vallée plio-pléistocène avant les remblaiements de 90-100^{m} et de 55-60^{m}.

2° *Les grands méandres* (de Rouen à Aizier et les méandres de l'estuaire) :

a. Les méandres témoins de l'estuaire sont encore assez bien calibrés et semblent avoir pris naissance à la surface du remblaiement monastirien (terrasse de 15^{m} de Chaput); ils ont été en partie effacés par la transgression flandrienne (sapement des têtes de lobes convexes, comblement des amphithéâtres concaves).

b. Le train des grands méandres (de Rouen à Aizier) semble être apparu à la fin du remblaiemet tyrrhénien (30-35^{m}). Leur encaissement et leurs déformations correspondent aux deux périodes de creusement (post-tyrrhénien et post-monastirien), mais aussi à la période d'alluvionnement intermédiaire, au cours de laquelle le façonnement et le recul des versants ont été commandés par les conditions de structure (inclinaison des couches) et la résistance inégale des matériaux d'où d'imposantes déformations. Ainsi le méandre de Rouen s'allonge vers le Nord, comme si la rive concave avait glissé sur un plan incliné dans cette direction (plan de la surface infra-miocène) à la faveur des matériaux peu résistants (sables tertiaires) accumulés dans la partie la plus déprimée du fossé tectonique (²).

C'est un processus analogue que l'on reconstitue dans le grand méandre de Brotonne et pour la branche orientale du méandre d'Aizier, tandis que la branche occidentale, établie dans le fond de la gouttière tectonique de la Risle correspondant à la partie abaissée du bloc du Havre, a conservé son tracé initial sans être sollicitée par un glissement.

3° *Les sinuosités de la plaine alluviale actuelle* (entre Jumièges et Caudebec) peuvent être considérées comme l'amorce d'un nouveau train de méandres dont l'étude est susceptible de jeter quelques lumières sur la genèse même des trains de méandres antérieurs.

Le mécanisme de leur formation est révélé par la disposition des tourbières (marais d'Heurteauville et marais de Meules) de part et d'autre de la bande profonde d'alluvions qui accompagne le cours du fleuve, et par leur épaisseur anormale (4^{m},50 à 6^{m},50).

(²) Au delà de la faille, le glissement de la rive concave, quoique moins rapide, a dû continuer à la faveur des terrains tendres du jurassique et du crétacé inférieur qui constituent la lèvre soulevée.

Ces conditions impliquent d'abord une certaine stabilité des courbures incompatible avec l'existence de chenaux de déversement, ensuite une édification progressive (elle a commencé au moment où le thalweg était à 6m,50 au-dessous du niveau actuel de la plaine alluviale) et *contemporaine de l'achèvement du remblaiement alluvial flandrien;* leur forme nous apparaît donc liée au dynamisme particulier que marque le dépôt de la charge d'alluvions dans le lit du fleuve à la fin d'une période ou d'une phase d'alluvionnement.

La localisation des sinuosités n'est pas moins suggestive : elles correspondent à une sorte de palier du profil longitudinal, établi immédiatement à l'amont d'une rupture de pente située au droit de Villequier (pente de la Meilleraye à Villequier, 0,0000060; pente de Villequier à la mer, 0,000080, soit 13 fois plus forte). La rupture de pente marque la limite de l'estuaire, le palier correspond à la section intermédiaire (Villequier-Le Mesnil) où se réalise une sorte d'équilibre déterminant l'accumulation et créant un milieu favorable au développement des sinuosités.

La diminution de la vitesse du courant y provoque, en effet, une brusque augmentation dans la charge des matériaux (par rapport au débit), et le fleuve se comporte comme s'il cherchait par l'allongement de son cours une accommodation à cet accroissement de charge.

Le train de sinuosités ainsi amorcé doit se développer progressivement de l'aval vers l'amont à mesure que chaque sinuosité reporte dans ce sens l'augmentation de la charge cause de l'allongement du tracé et jusqu'à ce que, la pente redevenant plus forte, (ce qui se produit à partir du Mesnil, pente entre le Mesnil et Duclair, 0m,0125 par km), la charge en matériaux ne détermine plus une entrave à l'écoulement normal des eaux.

On conçoit enfin qu'il suffirait d'un léger abaissement du niveau de base pour que ce petit train de sinuosités se transformât en train de méandres encaissés et pût être soumis à certaines déformations si les conditions de structure réglant l'évolution des rives concaves par rapport à l'encaissement du thalweg s'y prêtaient.

4° *Conclusions.* — *a.* Les sinuosités de la Basse Seine se répartissent entre plusieurs trains qui ne datent pas de la même époque et n'ont pas le même calibre (certains d'entre eux, les plus évolués, présentant des déformations tendant au gigantisme, en rapport avec des conditions structurales qui ont été précisées).

b. Les sinuosités de la plaine alluviale actuelle résultent de l'intervention de phénomènes d'estuaire modifiant la pente du thalweg fluvial et provoquant une augmentation de la charge. Le phénomène semble correspondre à l'achèvement du remblaiement flandrien. On peut supposer que les autres trains de méandres de la Basse Seine se rapportent à des positions différentes du plan d'eau de l'estuaire.

Les fortes et brusques variations de débit et de charge qui ont marqué la fin du remblaiement déterminé par les diverses transgressions interglacières ne semblent pas non plus avoir été indifférentes à leur genèse. L'importance des variations de charge apparaît encore dans le fait que les trains de méandres de la Seine et de ses affluents, dans la région parisienne, apparaissent localisés en amont des confluences importantes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'interprétation des variations séculaires de la température des caves de l'Observatoire de Paris.* Note (1) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

En signalant récemment une variation séculaire de la température des caves de l'Observatoire de Paris, M. Esclangon a suggéré (2) qu'elle pourrait être en relation avec les sources de chaleur interne du Globe.

Il est possible d'étudier par le calcul la façon dont pourraient se transmettre jusqu'au voisinage de la surface des variations de la température interne. Les coefficients thermiques des roches, ou du moins leurs ordres de grandeur, qui seuls nous importent ici, sont bien connus, et l'on peut prendre, pour le coefficient de conduction, $k = 0{,}005$ C.G.S. et pour la chaleur spécifique, $c = 0{,}19$, ce qui, avec une densité $\rho = 2{,}6$, donne pour la diffusion α, qui intervient dans l'équation de la propagation de la chaleur, $\partial\theta/\partial t = \alpha(\partial^2\theta/\partial x^2)$, la valeur $\alpha = 0{,}01$ C.G.S.

On constate dans ces conditions qu'une variation de température ne se transmet à une distance appréciable, ne serait-ce que quelques centaines de mètres, qu'avec un retard de plusieurs siècles et une amplitude considérablement diminuée. Par exemple un dégagement instantané de chaleur produirait, à 500^{m} de distance, une élévation de température qui ne serait complète qu'au bout de quarante siècles. Si l'on tient compte de ce que la surface du sol est maintenue à température constante, et si l'on suppose un dégagement de chaleur instantané à la profondeur de 1000^{m} seulement, on trouve que, pour un point situé à la profondeur de 28^{m}, le maximum de température ne serait atteint qu'au bout de 49 siècles. Ce maximum serait 63 fois moins élevé que celui qui se produirait à 500^{m} de profondeur, au bout de deux siècles seulement : la variation de température serait donc à peu près 1500 fois moins rapide à 28^{m} qu'à 500^{m}.

On arriverait à une conclusion analogue en supposant la variation de température périodique; avec une période de deux siècles et demi, l'amplitude, qui décroît exponentiellement, se trouve réduite au dixième de sa valeur tous les 113^{m}. Tenant compte de la constance de la température en surface, on trouve que l'amplidude de la variation devrait être 13700 fois plus forte à 500^{m} qu'à 28^{m} de profondeur.

Il faudrait donc des variations de température interne extrêmement fortes pour expliquer les variations relativement rapides constatées dans les caves de l'Observatoire. Ces variations auraient affecté d'une façon beaucoup plus importante les assises plus profondes, pour lesquelles rien d'analogue n'a été constaté. En particulier, la température à la profondeur de 500^{m} est bien connue

(1) Séance du 30 avril 1945.

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 981.

dans la région parisienne, grâce aux puits artésiens, qui depuis un siècle n'ont pas mis en évidence de variations notables de la température des eaux.

On peut donc affirmer que les variations de la température des caves de l'Observatoire ne tiennent pas à des variations de la chaleur interne du Globe.

Par contre des calculs analogues montrent qu'une variation de la température superficielle, de période deux siècles et demi, se ferait sentir à la profondeur de 28^{m} avec une amplitude réduite de 44 % seulement. Il semble donc que la variation constatée tienne essentiellement à une variation séculaire de la température moyenne de l'air, de l'ordre de deux degrés.

L'observation de la température d'une cave profonde permet d'étudier de telles variations à longue période, débarrassées des perturbations annuelles ou diurnes, dans des conditions beaucoup plus précises que par la moyenne de températures mesurées à l'air libre, et il faut souhaiter que ces mesures soient poursuivies à l'Observatoire de Paris.

La variation séculaire de la température ainsi mise en évidence paraît en accord avec les variations d'ensemble des glaciers alpins, qui ont passé il y a un siècle par une phase de crue très importante, et sont actuellement en recul.

AÉROLOGIE. — *Sur des traces d'ondes sonores observées sur des sillages d'avion.* Note de M. **Jacques Régnier** (Extrait).

J'ai observé ces traces lors du bombardement d'objectifs militaires de la poche de Royan le 14 avril 1945.

Les bombardiers évoluaient à une altitude de l'ordre de 7000^{m}, et étaient presque invisibles; ils laissaient derrière eux des sillages blancs, souvent observés. Le ciel était très clair, le vent presque nul au sol et en altitude, le temps assez frais.

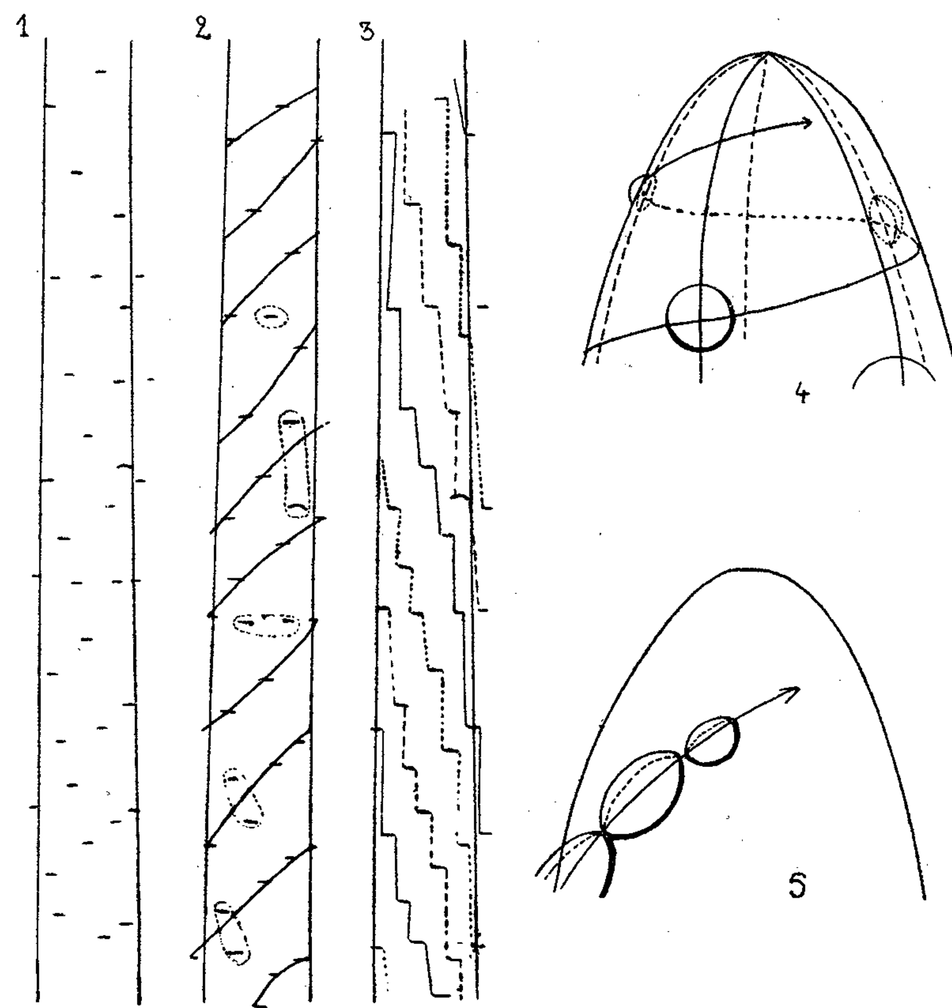
Lorsqu'un chapelet de bombes avait atteint le sol, les ondes provenant des impacts, en atteignant les sillages, y inscrivaient leur passage sous forme d'arcs de cercle, très visibles, plus sombres au bord extérieur; les différents trains d'ondes se croisaient et se recoupaient sur les nuages artificiels, provoquant un phénomène d'une tragique beauté.

On peut envisager d'appliquer l'observation d'un tel phénomène à l'étude de la propagation du son dans l'atmosphère, un sondage aérologique simultané donnant les éléments météorologiques à l'altitude considérée.

BOTANIQUE. — *La phyllotaxie dans le genre* Lilium; *théorie des hélices foliaires multiples.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le type classique de disposition foliaire s'explique par le fonctionnement d'un point végétatif formant *une à une* les ébauches de feuilles qui se trouvent réparties le long de la *spirale génératrice*; deux feuilles successives sont *distantes* l'une de l'autre et forment entre elles par leurs

plans de symétrie un angle, constant dans l'espèce étudiée, différent d'une espèce à l'autre, l'*angle de divergence*. La cause profonde de cette disposition a semblé devoir être cherchée dans la *loi mécanique* de Hofmeister : un primordium foliaire nouveau apparaît sur le cône issu du point végétatif, au milieu de la plus grande surface libre entre le sommet et les primordiums antérieurement formés. Et ceci explique les angles de divergence 2/5, 3/8 etc., si fréquents chez les Dicotylédones, et même les divergences 1/3 et 1/2. L'angle de divergence, la spirale génératrice, voilà les deux faits de la phyllotaxie classique.



1. Fragment de tige de *L. candidum* ouvert suivant une génératrice et montrant la répartition des insertions foliaires. — 2. Essai d'interprétation suivant la spirale génératrice. Les cas aberrants sont entourés par un trait pointillé. — 3. Interprétation par les hélices foliaires. — 4. Schéma d'un point végétatif avec spirale génératrice et ébauches foliaires espacées (divergence 2/5). — 5. Schéma d'un point végétatif avec hélice foliaire et ébauches foliaires contiguës.

Dans le genre *Lilium* j'ai découvert une loi phyllotaxique toute différente.

1° A la loi de divergence, qui écarte les feuilles l'une de l'autre, j'oppose une loi de juxtaposition. Sur la ligne idéale qui les joint, chaque primordium foliaire est *exactement contigu* au précédent; car, sur la tige adulte, ce qui mérite d'être appelé un *segment foliaire* est juxtaposé par l'un de ses bords au segment foliaire précédent, par l'autre au segment suivant; c'est-à-dire que chaque extrémité d'une insertion foliaire est sur la même génératrice que l'extrémité de signe opposé de la feuille voisine. Insertions foliaires et lignes de rappel dessinent un escalier sur l'hélice qui les unit. La notion d'angle de divergence est sans signification : dépendant de deux grandeurs sans rapport direct entre elles (longueur de l'insertion

foliaire, circonférence de la tige), cet angle varie largement et ne saurait fournir une constante phyllotaxique.

2° La spirale génératrice n'existe pas chez les *Lilium*. A vrai dire l'œil, joignant par une ligne idéale les insertions foliaires dans l'ordre de leurs niveaux, trouve parfois le tracé d'une courbe le long de laquelle les insertions sont distantes les unes des autres, conformément à la loi classique. Mais le plus souvent on hésite sur un tracé; il ne peut passer par toutes les feuilles, qui sont *éparses*, ou plutôt éparpillées. Pour la théorie classique, la construction régulière due à la spirale génératrice se sera effacée au cours de la croissance.

Au contraire, appliquant la règle de position définie précédemment, on découvre un ordre presque parfait sous l'apparent désordre. Dans les cas les plus compliqués, toutes les feuilles sans exception apparaissent régulièrement placées sur trois hélices, que je désigne sous le nom d'*hélices foliaires multiples*.

A vrai dire, la première tige annuelle produite par un bulbe jeune ne comporte qu'une hélice foliaire, et les feuilles, en escalier tournant, rappellent avec un pas plus serré la disposition classique des Costoïdées (Zingibéracées). D'année en année, le bulbe s'accroît; une grosseur donnée atteinte, la tige qui se développe présente deux hélices foliaires, de même sens et de même pas, qui se partagent sa surface. Chez *L. candidum* et la plupart des autres espèces, si le bulbe grossit encore sans se diviser, il fournit trois hélices foliaires sur sa tige. La réalité phyllotaxique, ce n'est pas la spirale génératrice, qui ne doit son existence, lorsqu'on pense la trouver, qu'à la régularité des hélices foliaires; ce sont les hélices foliaires multiples.

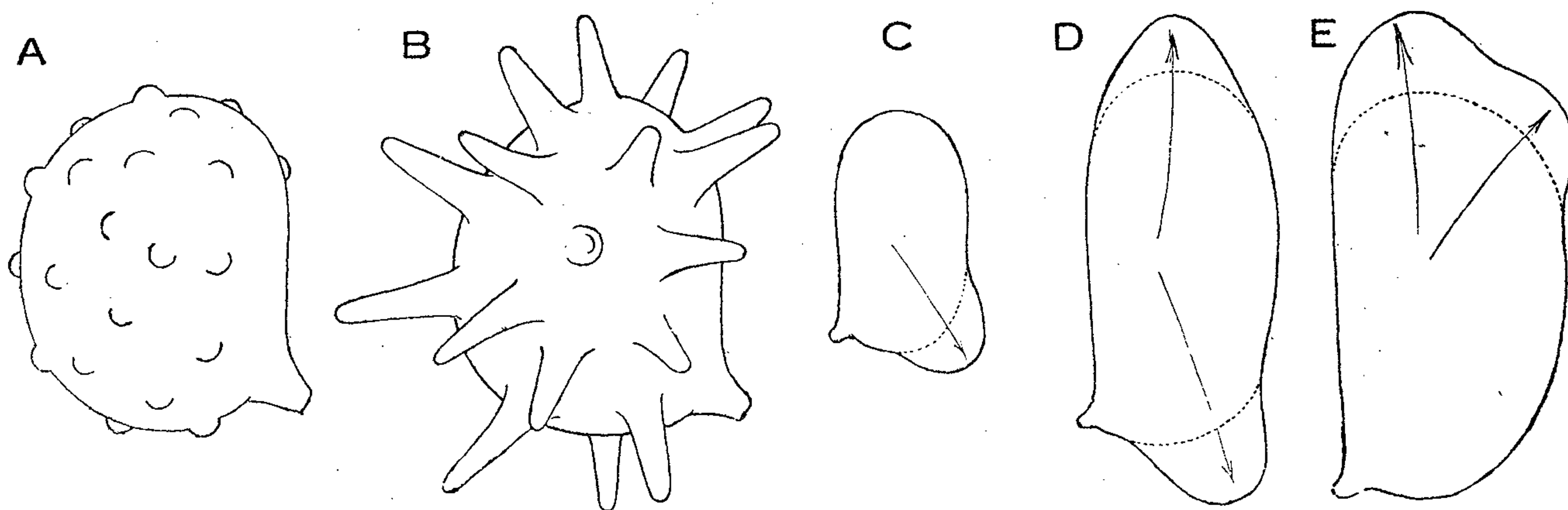
3° Une confirmation est fournie par la numération des feuilles, qui conduit au même total pour les diverses hélices : dans le cas le plus compliqué, je trouve, au-dessous de la grappe florale, pour les trois hélices, 59, 59 et 58 feuilles et, le long de la tige, de semblables concordances sont fréquentes. Les tracés ne sont donc ni arbitraires, ni fortuits.

4° Les distances qui séparent deux feuilles successives sur leur hélice sont parfois régulières (c'est alors qu'une spirale génératrice paraît pouvoir être tracée). Plus souvent on constate une périodicité dans l'allongement des segments foliaires le long d'une même hélice. La périodicité est la même pour les diverses hélices, mais celles-ci sont en discordance de phase; ainsi se réalise une tige droite, malgré les oscillations de la croissance.

C'est donc d'abord une démonstration logique qui établit que la réalité phyllotaxique est constituée chez les *Lilium* par les hélices foliaires multiples.

MYCOLOGIE. — *L'ontogénèse des formes sporales complexes chez les Hyménomycètes.* Note de M. **Georges Malençon**, présentée par M. Joseph Magrou.

Au milieu de la diversité des galbes sporaux que l'on observe chez les Hyménomycètes se remarque un type primitif où la sphère, désaxée selon des règles que nous avons fait connaître ([1]), est l'unique composant morphogénétique. Par étirement il fournit un dérivé immédiat, très répandu, dont le volume générateur devient l'ellipsoïde.



Goniospores du type *Clypeus.* — A-B, *Inocybe calospora*, formation tardive et simultanée des bosses. C-D, *Lepiota castanea*, formation précoce et successive. E, *Inocybe* sp., spore déformée par deux bosses apicales. (Les pointillés marquent la limite approximative du corps fondamental et les flèches donnent l'orientation de croissance des gibbosités.)

Homologue du type sphérique ou ellipsoïdal vrai des Angiocarpes (*Gastéromycètes* s. l.), ce galbe, ou son dérivé, représente, avec l'asymétrie propre aux Hémi-angiocarpes et aux Gymnocarpes (*Hyménomycètes* s. l.) la base de toute la morphogénie sporale de ces deux derniers types de Basidiomycètes. Chez eux en effet cette phase physionomique élémentaire prélude inéluctablement à toute autre forme que peut finalement revêtir la spore et semble y répondre à un équilibre initial nécessaire.

Ainsi établi, ce volume primitif ne s'efface jamais, en dépit des modifications secondaires dont il est fréquemment le siège et d'où naissent précisément les spores complexes. A ce titre il mérite d'être appelé *le corps* ou *volume fondamental* de toute basidiospore.

Les spores complexes (bossuées, astériformes, digitéolées, trigones, éperonnées etc.) résultent toujours de surrections ou de distrophies du corps fondamental et jamais d'effondrements de celui-ci. Leur embryologie les partage en deux catégories inégales. Les plus nombreuses répondent à ce que nous appelons le type *Clypeus* ([2]), d'une formule ontogénétique simple, répandue dans un grand nombre de genres phylétiquement très dissemblables. Les autres forment notre type *Rhodophyllus* ([3]), au déve-

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 584.

([2]) Du nom sous lequel Britzelmayr (1881) a rangé les Inocybes goniospores.

([3]) Ce terme, dû à Quélet (1886), désigne collectivement tous les Agarics rhodosporés à spores anguleuses.

loppement plus compliqué; elles sont peu nombreuses et restreintes aux Agarics rhodogoniosporés.

Le type *Clypeus* se caractérise par un développement prépondérant du corps fondamental, eu égard à l'ensemble final de la spore. Il forme le principal de sa masse, son corps proprement dit, et conditionne en fait sa taille et son profil général. Les bosses y sont des formations surnuméraires d'un volume total comparativement faible. D'apparition typiquement tardive et simultanée (*Inocybe calospora*, *I. asterospora*), elles peuvent aussi être précoces et non synchrones (*Inocybe scabella*, Lépiotes à spores éperonnées). Elles n'apparaissent le plus souvent que sur l'hémispore antérieur, sommet compris, mais quand elles empiètent sur la face dorsale, ce qui arrive parfois (*I. calospora*), elles respectent constamment la plage supra-hilaire. Leur évolution centrifuge permet de les assimiler à des projections radiantes, jaillies du corps fondamental, dont elles n'altèrent aucune des particularités. Elles l'oblitèrent plus ou moins, font naître par l'inconstance de leur nombre, de leur taille, de leur forme ou de leur dispersion, des dissymétries apparentes, mais restent des annexes superficielles.

A cette formule se rattachent, non seulement toutes les goniospores communément reconnues, celles des *Rhodophyllus* exceptées, mais des figures moins répandues nées de la distribution particulière des gibbosités : spores éperonnées par une bosse basale antérieure qu'accompagne souvent une apicale, spores trigones par une apicale et deux basales divergentes etc.

Le cas le plus fréquent est celui où n'existe qu'une simple bosse apicale. L'énorme majorité de spores considérées comme simples se rattache à cet exemple sans qu'on s'en doute, car cette bosse unique est la plupart du temps si bien raccordée au sommet de l'organe qu'elle se confond avec lui et passe inaperçue. Le profil sporal en est pourtant modifié; souvent le sommet est étiré, aminci ou renflé à cause de sa présence. Elle surélève aussi le corps de la spore, accentue l'aspect larmiforme, cylindracé, fusoïde, lancéolé, et fait illusion sur la taille réelle de la spore fondamentale, à laquelle on additionne involontairement celui de sa gibbosité. Pour la même raison, elle trompe encore sur la qualité du profil et du volume d'ensemble, qui paraissent refléter un organe homogène alors qu'ils englobent un complexe où, sur un corps stable, repose un élément fluctuant dans sa taille et dans sa forme. Les spores *calibrées* et certaines sporées hétérogènes n'ont pas d'autre origine.

En résumé, l'ontogénie du type *Clypeus* donne la clé de beaucoup de volumes sporaux; elle fait en même temps ressortir combien leur apparente homogénéité masque une nature souvent hétérogène dont on n'avait pas jusqu'ici notion. Il apparaît désormais nécessaire de tenir compte de ce facteur dans l'analyse des basidiospores, en distinguant toujours le corps fondamental de ses annexes, si l'on veut résoudre d'une manière

convenable les problèmes de morphologie et de morphogénie que soulève l'étude de ces organes.

Ajoutons que le type *Rhodophyllus* permet, de son côté, l'interprétation des rhodogoniospores.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur les variations de cote de hauteur, de rayon effectif et de vitesse dans le mouvement révolutif des vrilles.* Note de M. **Antonin Tronchet** et Mme **Josette Tronchet**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons défini (¹) les grandeurs h, R et v^m. Nous appelons h la cote de hauteur en millimètres du sommet S de la vrille par rapport au plan horizontal passant par sa base O. R est le rayon effectif, c'est-à-dire la longueur en millimètres du segment de droite OS reliant la base au sommet. La valeur v^m, exprimée en millimètres par seconde, est la vitesse moyenne de la pointe de la vrille dans l'intervalle de temps de 5 minutes qui s'écoule entre deux relevés consécutifs.

Il est intéressant de rechercher si ces trois grandeurs varient de façon

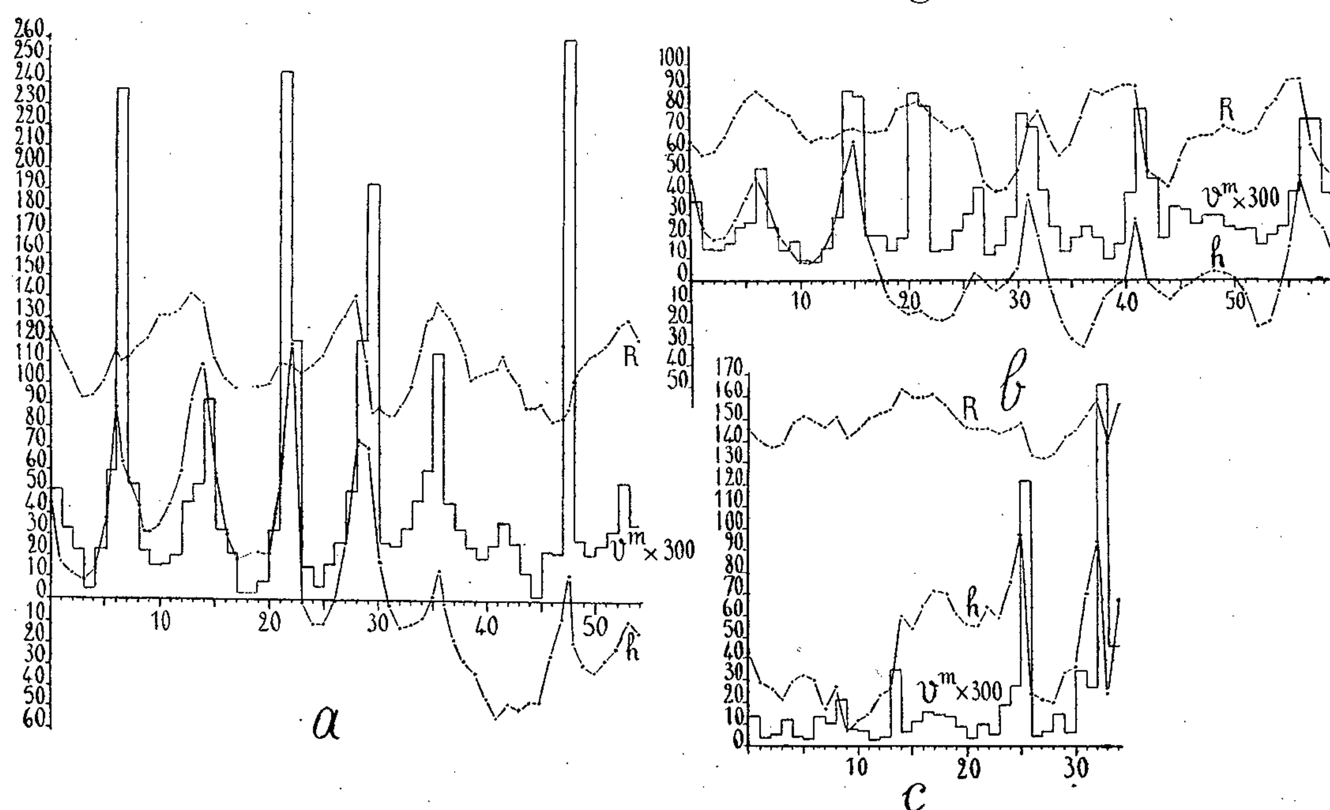


Fig. *a*, *b* et *c*. — Observations 119, 121, 152 (vrilles de *Cyclanthera pedata*). En abscisses, les temps (en intervalles de 5 minutes). En ordonnées, les valeurs h et R (en millimètres) et $v^m \times 300$ (en millimètres par 5 minutes).

tout à fait indépendante ou bien présentent entre elles une certaine corrélation.

On pourrait penser que, par l'effet de la pesanteur, les maxima de vitesse doivent correspondre aux minima de cote de hauteur et les minima de vitesse aux maxima de cote de hauteur. Or il n'en est rien. Les figures *a*, *b* et *c* où sont superposés les diagrammes de h, R et $v^m \times 300$ pour trois de nos observations (n°s 119, 121 et 152, vrilles de *Cyclanthera pedata*,

(¹) *Bull. mens. de la Soc. Linn. de Lyon*, nos 1 et 2, pp. 8-13 et 19-28, 10 fig., 1944. Voir aussi *Soc. Linn. de Lyon*, 9 juin 1945 (à paraître prochainement).

Cucurbitacées) montrent qu'*il existe au contraire une certaine concordance dans le temps* pour les variations des valeurs h et v^m. Dans ces trois observations, où les relevés de position ont été effectués à 5 minutes d'intervalle, il ressort de nos graphiques que le plus souvent *les maxima ou les minima de h correspondent respectivement dans le temps aux maxima ou aux minima de* v^n *soit exactement, soit avec un écart qui excède rarement 5 minutes.*

Existe-t-il une relation entre les variations de cote de hauteur ou de vitesse et celles du rayon effectif ? A cet égard nos graphiques a, b et c font également ressortir ce fait que, d'une façon générale, *les maxima ou les minima sont atteints par les valeurs h,* v^m *et* R *soit simultanément, soit avec un écart dans le temps de 5 minutes au plus.*

Les trois observations auxquelles se rapportent les figures a, b et c ne représentent en tout que 12 heures 15 minutes de nutation. Afin de vérifier si la concordance relative des diagrammes de h, R et v^m est la règle, nous avons fait une statistique portant sur 24 observations, effectuées également sur des vrilles de *Cyclanthera pedata* et représentant au total 101 heures 10 minutes de nutation. Cette statistique nous a donné les résultats suivants : 82 % des maxima de h correspondent, exactement ou avec un écart de 5 minutes au plus, à des maxima de v^m. Une semblable concordance se vérifie pour les minima (proportion : 80 %). En ce qui concerne la correspondance entre cote de hauteur et rayon effectif, les pourcentages sont 70,5 % pour les maxima et 68,5 % pour les minima. La coïncidence exacte ou approximative dans le temps des maxima ou des minima n'est donc pas aussi fréquente pour les rayons effectifs que pour les vitesses moyennes v^m. Elle se vérifie cependant dans la grande majorité des cas, au moins en ce qui concerne l'espèce étudiée et, lorsqu'il existe entre les maxima ou les minima consécutifs un écart de temps suffisant pour qu'il soit possible de reconnaître une concordance. D'après notre statistique cet écart est d'environ 30 minutes *en moyenne* pour les vrilles de *Cyclanthera pedata.*

En résumé, bien qu'il n'existe *a priori* aucune corrélation nécessaire entre les grandeurs *cote de hauteur*, *vitesse* et *rayon effectif* et que les valeurs absolues en soient très différentes, leurs oscillations au cours de la nutation se correspondent dans la grande majorité des cas assez fidèlement. C'est là une particularité, à notre avis très remarquable, qui fait ressortir une harmonie jusqu'ici complètement méconnue dans le mouvement révolutif des vrilles.

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Figuration des nombres transfinis de la classe* II. Note de M. ARNAUD DENJOY.

J'ai exposé (¹) (²) certaines considérations que je vais d'abord rappeler pour les compléter ensuite.

D étant un ensemble dénombrable quelconque dont les éléments sont énumérés en une suite u_n, toutes les ordinations possibles de D équivalent à des *permutations* de l'ensemble des entiers positifs ordonnés dans le sens de la croissance

(N) $$1 \prec 2 \prec 3 \prec \ldots \prec n \prec \ldots.$$

Parmi les permutations P de (N) deux espèces sont particulièrement remarquables :

1° Les permutations *élémentaires* P_e ordinalement semblables à (N). L'entier n passe dans P_e au rang d'ordination m_n, et m_n est un entier positif fini. L'ensemble des m_n est donc identique à celui des éléments de (N).

Inversement au rang m dans P_e se trouve placé l'entier n_m de (N) et

$$n_{m_p} = p, \qquad m_{n_q} = q;$$

[l'entier de (N) dont le rang d'ordination est m_p est p; le rang dans P_e de l'entier dont la valeur est n_q est q].

Étant donnée une permutation Q de (N) et si (T) désigne un type d'ordination, on obtient toutes les permutations de (N) du type (T) en faisant le produit de permutations $Q \times P_e$, P_e décrivant l'ensemble des permutations élémentaires de (N).

2° Les permutations *bien ordonnées* Π. — Le type d'ordination de l'une d'elles est celui du segment $S(\lambda, O)$ du nombre quelconque de la seconde classe λ dans la suite (O) des nombres ordinaux.

L'entier n de (N) vient dans Π au rang d'ordination $\alpha_n < \lambda$, et le nombre α

(¹) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 885-886.

(²) *Ibid.*, **213**, 1941, pp. 430-431.

de $S(\lambda, o)$ a pour rang d'énumération l'entier n_α de (N). Pour β nombre ordinal $< \lambda$ et p entier fini positif

$$\alpha_{n_\beta} = \beta, \quad n_{\alpha_p} = p.$$

Une permutation P de la suite (N) est définie si, quel que soit n, supposant connue la permutation e_{n-1} établie par P entre les $(n-1)$ premiers entiers $1, 2, \ldots, n-1$, on indique la place occupée dans P par n relativement aux $(n-1)$ éléments de e_{n-1}. Comme les places possibles sont au nombre de n ($n-2$ intermédiaires, 2 extrêmes), il est évident que, si à n on attache un nombre a_n ou b_n susceptible de prendre n valeurs distinctes et n seulement, cette valeur de a_n ou de b_n peut, grâce à une convention préalable, fixer le rang de n par rapport aux éléments de e_{n-1}. Dès lors le sens de l'inégalité ordinale de deux entiers quelconques p et q $(p < q)$ est fixé par la connaissance de $a_1, a_2, \ldots, a_q$ (ou $b_1, \ldots, b_q$). La permutation P est donc définie par la suite a_n (ou b_n) et la convention adoptée.

La convention fixant l'interprétation du nombre a_n (ou b_n) sera d'autant mieux choisie qu'elle donnera des réponses plus simples aux trois questions suivantes :

1° Quels que soient p et q $(p < q)$, déterminer le sens d'inégalité ordinale de p et de q;

2° caractériser les permutations bien ordonnées;

3° caractériser les permutations élémentaires.

Soit x un nombre du segment (0, 1). Il peut se mettre d'une façon unique (de deux façons s'il est rationnel) sous la forme $\Sigma(a_n/n!)$ $(0 \leqq a_n$ entier $\leqq n-1)$.

Nous appelons [2] la suite des chiffres a_n le développement népérien (et plus précisément sous-népérien) de x. Le nombre y du segment $e-1 \leqq y \leqq e$ (e, base des logarithmes népériens) aura le développement surnépérien $\Sigma(b_n/n!)$ $(1 \leqq b_n \leqq n)$. Si

$$x = y - e + 1, \qquad b_n = a_n + 1.$$

Nous allons envisager des conventions faisant correspondre à chaque nombre x ou y une permutation (exceptionnellement deux) de (N) par les développements népériens de ces nombres. Nous caractériserons les propriétés de P par les propriétés arithmétiques des développements correspondants.

Une *première convention* [1] consiste à regarder $a_n + 1$ (a_n est le $n^{\text{ième}}$ chiffre du développement sous-népérien de x, si $0 \leqq x \leqq 1$) comme le rang de n dans la permutation e_n.

Cette règle ne donne pas de résultat intéressant.

Une *deuxième convention* bien meilleure que la précédente est celle-ci [2] :

Si e'_i est la permutation e_i de $1, 2, \ldots, i$ précédée de 0 [étranger à la suite (N)], le chiffre a_n du développement de x sera égal à celui des n entiers $0, 1, 2, \ldots, n-1$ *après* lequel immédiatement se place n dans e'_n.

Les caractères arithmétiques des développements népériens définissant les permutations II bien ordonnées sont alors simples (*loc. cit.*).

Nous adopterons de préférence cette *troisième convention*.

Nous utilisons le développement $(b_1, b_2, \ldots)$ surnépérien de y (situé sur le segment $e-1, e$).

1° Si $b_n \leqq n-1$, b_n est l'élément de e_n *avant* lequel immédiatement se place n; 2° si $b_n = n$, n est le dernier élément de e_n.

Par de simples lectures de la suite b_n nous répondons aux trois questions posées (mais dans l'ordre inverse) :

1° Considérons une suite d'entiers (nécessairement croissants) $n_1, n_2, n_3, \ldots$ ainsi obtenus : n_1 est pris indifféremment; n_2 est un rang quelconque où le chiffre correspondant b_{n_2} vaut n_1; n_3 est un rang quelconque de chiffre b_{n_3} égal à n_2, et ainsi de suite. Dès lors :

Pour que la permutation P *de* (N) *définie par la suite* b_n (donc par le nombre y) *soit bien ordonnée, il faut et il suffit que toute suite* $n_1, n_2, n_3, \ldots$ *construite comme il vient d'être dit, s'arrête d'elle-même à un dernier terme.*

Cette condition arithmétique caractérisant les nombres y du segment $(e-1, e)$ qui définissent un nombre ordinal de la classe II, est évidemment très simple. Or à tout nombre de cette classe correspond pour le définir un ensemble non dénombrable de nombres y.

2° *Pour que la permutation* P *soit élémentaire, il faut et il suffit qu'en outre de la condition précédente, aucun même chiffre b ne se rencontre une infinité de fois dans la suite* b_n.

3° On trouvera le *segment du nombre n dans la permutation bien ordonnée* Π (et pour un nombre y définissant une permutation quelconque P, on trouvera toute ordonnée la section commençante de P bornée par n) de la façon suivante :

Posons $\nu_0 = n$; $\nu_1 = b_{\nu_0}$; si $\nu_1 < \nu_0$ (et non pas $\nu_1 = \nu_0$), $\nu_2 = b_{\nu_1}$ etc. Les entiers finis $\nu_0, \nu_1, \nu_2, \ldots$ décroissent numériquement [dans (N)] et croissent ordinalement dans Π. Ils ont un dernier terme $\nu_p \geqq 1$ tel que $b_{\nu_p} = \nu_p$. Nous déterminons la suite d'entiers

$$\mu_1 \prec \mu_2 \prec \ldots \prec \mu_r \prec \ldots, \tag{1}$$

croissant numériquement [dans (N)] et ordinalement dans Π, formée par : 1° les rangs compris entre ν_i et ν_{i-1} ($\nu_i < \nu_{i-1}$) où le chiffre b vaut ν_i, pour $i = p, p-1, \ldots, 1$ successivement; 2° les rangs (supérieurs à $\nu = n$) où b vaut n. Tous ces μ_r sont antérieurs à n dans Π.

Si la suite μ_r est infinie, n est sa limite ordinale dans Π. En ce cas, cette suite peut être regardée comme définissant canoniquement n dans Π. Il serait intéressant de chercher les y tels que cette suite soit indépendante de Π pour toutes les valeurs de n (du moins à partir d'une certaine valeur de r ?).

Puis, entre μ_{r-1} et μ_r on intercale la suite, croissante numériquement [dans (N)] et ordinalement dans tous les rangs (supérieurs à μ_r), où le chiffre b vaut μ_r. Les nombres déjà élus forment alors une suite (2) bien ordonnée de type $\tau(\omega^2)$ au plus. Et entre deux de ces nombres consécutifs dans (2) on recommence comme pour passer de la suite (1) à la suite (2). On fera progressivement apparaître ainsi tout le segment de n dans Π.

Si P est élémentaire, ces opérations s'arrêtent d'elles-mêmes. On trouve pour n un segment fini dont le nombre d'éléments accru d'une unité donne le rang m_n de n dans P.

Cette troisième convention est déjà indiquée dans mon Ouvrage *L'énumération transfinie*, en instance d'impression depuis près de quatre ans.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Dynamique de l'éther.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

En poursuivant des recherches sur la corrélation entre les champs gazodynamique et électromagnétique, j'ai été conduit (1) à considérer, à côté de la définition newtonienne des concepts *force* et *masse*,

$$\vec{\mathcal{F}} = m\vec{\mathcal{J}}, \qquad m = \text{scalaire}, \tag{1}$$

la nouvelle définition

$$\vec{\mathcal{F}} = \vec{m} \times \vec{\mathcal{J}}, \qquad \vec{m}\,\vec{V} = 0, \tag{2}$$

où il est admis qu'un trièdre trirectangle, formé par les vecteurs masse, accélération, force, est invariablement lié à chaque point P. $\vec{V}$ est la vitesse de ce point. Le tenseur m du vecteur $\vec{m}_\nu$ lié au point P n'est pas modifié par l'application de force $\vec{\mathcal{F}}_\nu$, et ce n'est que l'orientation de ce vecteur qui subit des changements. Nous désignerons les vecteurs unité des vecteurs $\vec{m}_\nu$, $\vec{\mathcal{J}}_\nu$, $\vec{\mathcal{F}}_\nu$ respectivement

$$\vec{a}_\nu = \alpha_{1\nu} i + \beta_{1\nu} j + \gamma_{1\nu} k, \qquad \vec{b}_\nu = \alpha_{2\nu} i + \beta_{2\nu} j + \gamma_{2\nu} k, \qquad \vec{c}_\nu = \alpha_{3\nu} i + \beta_{3\nu} j + \gamma_{3\nu} k.$$

Démontrons que la composition des accélérations n'est pas la même avec les définitions (1) et (2). En développant les produits

$$\vec{\mathcal{F}}_\nu \times \vec{m}_\nu = \left(\vec{m}_\nu \times \vec{\mathcal{J}}_\nu\right) \times \vec{m}_\nu, \qquad \vec{m}_\nu = m\vec{a}_\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n),$$

et en prenant leur somme, il vient

$$m\vec{\mathcal{J}} = m\Sigma\vec{\mathcal{J}}_\nu = i\Sigma\mathcal{F}_\nu\alpha_{\nu 2} + j\Sigma\mathcal{F}_\nu\beta_{\nu 2} + k\Sigma\mathcal{F}_\nu\gamma_{\nu 2} = \Sigma\mathcal{F}_\nu\vec{b}_\nu.$$

Cette composition des accélérations est, évidemment, différente de celle qui correspond à la définition (1)

$$m\vec{\mathcal{J}'} = m\Sigma\vec{\mathcal{J}}_\nu = \Sigma\mathcal{F}_\nu\vec{c}_\nu.$$

Dans le cas particulier où tous les vecteurs $\vec{b}_\nu$ et $\vec{c}_\nu$ sont complanaires, les vecteurs $\vec{\mathcal{J}}$ et $\vec{\mathcal{J}'}$ forment un angle droit, mais leurs tenseurs deviennent égaux.

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 391.

Pour conserver à l'énergie la forme usuelle, il faut définir le travail $d\mathfrak{T}$ de la force $\vec{\mathcal{F}}$ correspondant au déplacement $\vec{ds}$ par

$$\vec{d\mathfrak{T}} = \vec{ds} \times \Sigma \vec{\mathcal{F}}_\nu = \vec{ds} \times \vec{\mathcal{F}} = \vec{a}\mathcal{F} \sin\theta \, ds. \tag{3}$$

θ est l'angle formé par la force $\vec{\mathcal{F}}$ et la tangente de la trajectoire. Si la force est tangente à cette dernière, le travail est nul. Substituons à $\vec{\mathcal{F}}$ dans (3) sa valeur (2) en posant $\vec{ds} = \vec{V}\, dt$ et en omettant dans les deux parties le vecteur unité $\vec{a}$; il vient

$$\frac{d\mathfrak{T}}{dt} = \frac{dT}{dt}, \qquad T = \frac{1}{2} m V^2. \tag{4}$$

Supposons maintenant que l'une des forces $\mathcal{F}_\nu$ dans (3) *dérive* d'une *fonction de force*

$$\vec{\mathcal{F}}_\nu = -\operatorname{curl} \vec{\mathfrak{U}}, \qquad \vec{\mathfrak{U}} = \mathfrak{U}\vec{a}_\nu.$$

Si le temps ne figure pas dans $\mathfrak{U}$, on a

$$\vec{ds} \times \vec{\mathcal{F}}_\nu = d\vec{\mathfrak{U}}. \tag{5}$$

Il résulte de (3), (4), (5), que

$$\frac{d}{dt}\left(\vec{T} + \vec{\mathfrak{U}}\right) = \vec{V} \times \vec{\mathcal{F}}.$$

Appliquons ces résultats à la mécanique des fluides. La cinématique des milieux continus ne subit pas de modification. L'équation d'Euler

$$-\overrightarrow{\operatorname{grad}} p = \rho \frac{d\vec{V}}{dt} \tag{6}$$

doit être remplacée par

$$-\overrightarrow{\operatorname{grad}} p = \vec{\rho} \times \frac{d\vec{V}}{dt}, \qquad \vec{\rho} = \rho \vec{a},$$

ou, en prenant les produits vectoriels des deux parties par $\vec{\rho}$,

$$-\overrightarrow{\operatorname{grad}} p \times \vec{\rho} = \left(\vec{\rho} \times \frac{d\vec{V}}{dt}\right) \times \vec{\rho},$$

par

$$\operatorname{curl} \vec{p} = \rho \frac{d\vec{V}}{dt}, \qquad \vec{p} = (p_1 - p)\vec{a}_, . \tag{7}$$

ou, sous forme scalaire,

$$\frac{\partial p_z}{\partial y} - \frac{\partial p_y}{\partial z} = \rho \frac{du}{dt}, \qquad \frac{\partial p_x}{\partial z} - \frac{\partial p_z}{\partial x} = \rho \frac{dv}{dt}, \qquad \frac{\partial p_y}{\partial z} - \frac{\partial p_x}{\partial y} = \rho \frac{dw}{dt}. \tag{8}$$

Il résulte de ces équations que, dans cette nouvelle mécanique, le tourbillon n'est plus indestructible, il peut prendre naissance et disparaître. Si l'on admet que la densité ρ est invariable ou fonction de la pression p seule, il vient avec l'approximation des petits mouvements,

$$\operatorname{div}\vec{V} = 0. \tag{9}$$

Il en résulte que ρ reste invariable, le fluide apparaît comme incompressible.

En dérivant la première des équations (8) par rapport à y, la deuxième par rapport à x et en prenant leur différence, il vient, dans le cas des petits mouvements,

$$\frac{\partial^2 p_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p_z}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial p_x}{\partial x} + \frac{\partial p_y}{\partial y} + \frac{\partial p_z}{\partial z}\right) = -\rho \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}\right).$$

Ces équations et les équations similaires pour p_x et p_y prennent une forme particulièrement simple dans le cas où

$$\frac{\partial \vec{p}}{\partial t} = -p_1 \operatorname{curl}\vec{V}. \tag{10}$$

On a alors

$$\operatorname{div}\vec{p} = 0, \tag{11}$$

$$\frac{\partial^2 \vec{p}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{p}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{p}}{\partial z^2} = \frac{\rho}{p_1}\frac{\partial^2 \vec{p}}{\partial t^2}. \tag{12}$$

En transformant d'une façon analogue l'équation (10), il vient aussi

$$\frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial z^2} = \frac{\rho}{p_1}\frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial t^2}. \tag{13}$$

Le théorème de Poynting prend la forme

$$\frac{\partial}{\partial t}\iiint\left(\frac{1}{2}\rho V^2 + \frac{1}{2}\frac{(p_1 - p)^2}{p_1}\right)d\tau = -\iint\left[\vec{V} \times \vec{p}\right]\vec{n}\, d\sigma.$$

Nous obtenons un système d'équations (7), (9), (10), (11) identique à celui de Maxwell, en faisant correspondre au champ électrique le vecteur $\vec{p}$ et au champ magnétique le vecteur vitesse $\vec{V}$. La vitesse de propagation $C = \sqrt{p_1/\rho}$.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence, en nombre, de l'Écrevisse américaine* Cambarus *dans la Basse Saône*. Note de M. **Louis Léger**.

En 1924 (¹) j'ai signalé pour la première fois dans un de nos cours d'eau français, le Cher aux environs de Vierzon, la présence, en quantité considérable, de l'Écrevisse américaine *Cambarus affinis* Say.

(¹) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1205.

Depuis cette époque, cette Écrevisse a continué à se répandre dans le Cher, car, d'après Marc André et Lamy ([2]), on la trouvait, en septembre 1934, en aval jusqu'à Selles-sur-Cher, ainsi que dans le canal du Berry. D'autre part, en 1932, Marc André signale les *Cambarus* dans la Seine à Juvisy, et Angelier en trouve dans la Marne à Créteil. En 1934, on constate encore dans la Marne, au voisinage de son confluent avec la Seine, la présence de grandes quantités de ce Crustacé de toutes tailles.

La répartition des *Cambarus* qui s'est ainsi notablement étendue depuis 1924 reste cependant limitée jusqu'en 1934 au bassin du Cher et au bassin de la Seine, avec localisations dans le Cher, la Marne et la Seine et quelques petits canaux, canal du Berry, de Joinville, de Chelles et canal Saint-Maurice.

Or voici qu'il y a près d'un an j'appris que les pêcheurs de Belleville-sur-Saône prenaient depuis quelque temps des quantités d'Écrevisses dans la Saône, rivière à Cyprinides, lente, large et profonde, où jusque-là ils n'en avaient jamais vu. La présence de ces Crustacés, qu'ils confondaient avec notre *Astacus pallipes*, assez répandu, mais localisé dans des petits affluents régionaux, ne laissa pas que de les étonner. J'en fus moi-même surpris et je résolus aussitôt d'examiner de près ce nouvel hôte de la Saône, dans la pensée qu'il s'agissait plutôt de l'*Astacus fluviatilis*, qui se rencontre assez souvent dans de véritables rivières à Cyprinides, telles que l'Indre par exemple. A ma grande surprise, je reconnus de suite qu'il s'agissait uniquement de l'Écrevisse américaine *Cambarus affinis*.

De mon enquête il résulte que cette Écrevisse est, depuis 3 ou 4 ans, de plus en plus nombreuse dans la Saône, tout au moins à partir du barrage de Thoissey, à 8^{km} en amont de Belleville et jusqu'à Montmerle à 4^{km} en aval. Dans cette zone à *Cambarus*, la Saône a une largeur moyenne de 200^{m}, une profondeur moyenne de 5^{m} et un profil en travers en berceau, avec fond argilo-sableux.

Les Écrevisses se capturent à quelques mètres de la rive, par une profondeur de 1^{m} à $1^{m},5$, parfois à la ligne, mais surtout aux nasses et aux filets; et, ainsi que je l'avais constaté dans le Cher, on les trouve souvent en grand nombre sous les vieux bateaux échoués à faible profondeur à quelques mètres du rivage. Les plus gros sujets que j'ai pu voir atteignaient 10 à $10^{cm},5$. Ils sont d'un goût délicat et fort estimés localement, mais leurs pinces, comprimées et relativement grêles bien que fort puissantes et serrant avec opiniâtreté, sont moins riches en chair comestible que celles de nos Écrevisses françaises.

D'après les observations de Lehmann et de Quiel en Allemagne (1927) et celles plus récentes (1935) de Marc André ([2]), qui n'ont trouvé dans l'estomac des *Cambarus* que des débris végétaux sans trace de nourriture animale ([3]), la présence de ces Écrevisses ne serait pas de nature à porter

([2]) *Les Écrevisses de France*, 1935, Paris, p. 44.

([3]) On ne doit pas toutefois s'empresser d'en conclure que les *Cambarus* sont exclusivement herbivores, car, tenus en captivité, ils se précipitent avec avidité sur les débris de viande ou de poisson qu'on leur offre.

préjudice au poisson et, si l'on remarque, par contre, que nos bons poissons carnassiers sont friands de jeunes Écrevisses, on peut en inférer que cette nouvelle acquisition de la Saône est tout à l'avantage de sa valeur économique.

En ce qui concerne l'origine de cette nouvelle station de l'Écrevisse américaine dans la Basse Saône, et étant donné que nous n'avons aucune connaissance qu'un déversement de *Cambarus* ait été fait dans cette rivière, on ne peut que se rallier à l'hypothèse d'une migration étendue, effectuée par les canaux qui mettent en relation les eaux du bassin de la Seine ou de la Marne avec la Saône. S'il en était ainsi, on devrait trouver des témoins de cette migration en des points intermédiaires. C'est là une question intéressante à élucider.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1946. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins.

2° Pierre Lepesme. *Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés*, in *Encyclopédie entomologique*, XXII (présenté par M. A. Chevalier).

3° Constantin Levaditi. *La Pénicilline et ses applications thérapeutiques* (présenté par M. Gaston Ramon).

M. **Émile Brylinski** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'industrie, par l'annulation de l'élection de M. *Georges Claude*.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les défauts des séries découpées par les formes d'ordre k sur deux courbes complémentaires.* Note de M. **Roger Apéry**, présentée par M. Élie Cartan.

Lemme. — *La postulation d'une variété* V *formée de* ρ *composantes connexes, sur laquelle les formes d'ordre k découpent une série g de défaut* δ *et de dimension* $r-\delta$ *est égale à* $r+\rho-\delta^{\star}$ *où* $0 \leqq \delta^{\star}-\delta \leqq \rho-1$.

En effet le passage par une des composantes de V exige $r-\delta+1$ conditions. Si le passage par un groupe de la série g et par ω composantes de V entraîne le passage par les autres composantes, $\delta^{\star}-\delta=\rho-\omega$. En particulier pour $k=0$, $\delta=0$, $\delta^{\star}=\rho-1$.

Les propriétés que nous allons établir concernent les δ^*. D'ailleurs les propriétés déjà démontrées dans une précédente Note ([1]) ne sont valables pour les variétés non connexes qu'en remplaçant les δ par les δ^*. Notamment une variété non connexe est toujours de seconde espèce. Si les variétés considérées sont connexes, nous aurons des propriétés des δ.

Soient maintenant, dans l'espace à n dimensions, F_1, F_2 ... F_{n-1} $(n-1)$ formes d'ordre m_1, m_2, ... m_{n-1} qui ont en commun une courbe C d'ordre d, de genre p, formée de ρ composantes connexes et une courbe C′ d'ordre d', de genre p', formée de ρ' composantes connexes (les genres sont calculés en considérant tous les points multiples de C et C′ comme virtuellement inexistants).

Nous nous proposons de démontrer que $\delta^*(C, k) = \delta^*(C', k')$ où $k + k' = m_1 + m_2 + \ldots + m_{n-1} - n - 1$ et $0 \leqq k \leqq m$.

Soient g la série linéaire découpée sur C par les formes d'ordre k, $\bar{g}$ la série complète qui contient C, r sa dimension. Les formes passant par C′ découpent sur C une série complète ([2]). Si $\bar{g}$ est une série spéciale, les surfaces d'ordre k' passant par C′ découpent sur C, outre les i points d'intersections de C et C′, une série h complète de dimension s.

La postulation $\varphi(k')$ de $(C + C')$ pour les formes d'ordre k' est égale à la postulation de C′ augmentée de $s + \rho$. Si r' est la dimension de la série linéaire g' découpée sur C′ par les surfaces d'ordre k'

$$\varphi(k') = r' + \rho' - \delta'^* + s + \rho,$$

g et h ont pour somme la série canonique de C. Leur somme satisfait donc à la relation de réciprocité de Brill-Nöther

$$s - r = \frac{1}{2}[(k'd - i) - kd].$$

On en déduit

$$\varphi(k') = r + r' + \rho + \rho' - \delta'^* + \frac{1}{2}(k'd - kd - i). \tag{1}$$

Supposons maintenant la série $\bar{g}$ non spéciale. Il ne passe pas de forme d'ordre k' par C′. La postulation de C′ pour les formes d'ordre k' est égale à la postulation $\varphi(k')$ de $C + C'$, cette postulation est d'ailleurs $C^3_{k'}$

$$\varphi(k') = r' + \rho' - \delta'^*.$$

La dimension de g est égale ([3]) à

$$r = kd - p - (\rho - 1).$$

On en déduit

$$\varphi(k') = r + r' + \rho + \rho' - \delta'^* + kd - p + 1. \tag{2}$$

([1]) *Comptes rendus*, **201**, 1945, p. 234.
([2]) NÖTHER, *Math. Annalen*, **8**, 1875, p. 511.
([3]) SEVERI, *Memorie Reale Accad. d'Italia*, **10**, 1932, p. 23.

Le genre est donné par la formule de Salmon [4]

$$(2p-2)=(k+k')\,d-i.$$

La formule (2) est équivalente à la formule qui se trouve donc toujours valable, que $\overline{g}$ soit spéciable ou non spéciale.

En permutant les rôles de g et g' on obtient la formule

$$(3)\qquad \varphi(k)=r+r'+\rho+\rho'-\delta^*+\frac{1}{2}(k\,d'-k'd'-i).$$

La relation de Brill-Nöther appliquée à $C+C'$ donne

$$(4)\qquad \varphi(k')-\varphi(k)=\frac{1}{2}(k'-k)(d+d').$$

En combinant (2), (3) et (4), on obtient

$$(5)\qquad \delta'^*=\delta^*\ q.\ e.\ d.,$$

Ceci résout en la précisant la question posée par M. Dubreil [5] de savoir si les courbes C et C′ sont de même espèce.

Supposons maintenant $k>m_1+m_2+\ldots+m_{n+1}-n-1$. La postulation $\varphi(k)$ de $C+C'$ est égale à la postulation de C' augmentée de $kd-i-p+1$

$$(6)\qquad \varphi(k)=k(d+d')-(p+p'+i-1)+1-\delta'^*.$$

La série découpée sur la courbe $C+C'$ de genre $(p+p'+i-1)$ est complète et non spéciale.

D'après le théorème de Riemann-Roch,

$$(7)\qquad \varphi(k)=k(d+d')-(p+p'+i-1)+1,\qquad \delta'^*=0.$$

Les formes d'ordre $>m_1+m_2+\ldots+m_{n-1}-n-1$ *découpent sur l'intersection partielle (ou complète) de formes d'ordre* $m_1, m_2, \ldots m_{n-1}$ *une série complète.*

La formule (5) s'applique en particulier pour $k=m_1+m_2+\ldots+m_{n-1}-n-1$. Dans ce cas-là, on peut énoncer, si C est connexe :

Les formes d'ordre $m_1+m_2+\ldots+m_{n-1}-n-1$ *découpent sur l'intersection partielle de deux surfaces une série dont le défaut est égal au nombre de composantes connexes de l'intersection résiduelle.*

Ce résultat montre donc que la propriété, énoncée par Enriques-Chisini [6], dans le cas de l'espace à 3 dimensions, suivant laquelle une telle série est toujours complète, est inexacte.

La série n'est complète que si l'intersection résiduelle est connexe.

---

(4) *Cambridge and Dublin Mathemat. Journal*, 5, 1850, p. 36.

(5) *Act. Sc. Ind.*, 210, 1935, p. 29.

(6) *Lezioni sulla teorica geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche.* Bologna, 1924, p. 537.

MAGNÉTISME. — *Variation relative, en fonction de la température, de la résistance électrique suivant l'axe quaternaire d'un monocristal du composé* Mn^2Sb. *Analogies avec les propriétés magnétiques*. Note de MM. **Charles Guillaud** et **Roger Bertrand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le composé Mn^2Sb cristallise dans le système quadratique ([1]). Nous l'avons préparé à l'état de grande pureté en utilisant du manganèse distillé (99, 98 %) et obtenu en monocristaux en traversant lentement la température de fusion (948° C.). L'étude magnétique du monocristal nous avait montré ([2]) qu'à la température ordinaire l'axe quaternaire est un axe de facile aimantation et que les axes binaires sont de difficile aimantation. D'après l'étude de l'énergie magnétocristalline, si l'on désigne par $K = W_{(110)} - W_{(001)}$ la différence du travail réversible d'aimantation relatif aux axes quaternaire et binaire, $K_{20°C} = 26.10^4$ ergs/cm³. K s'annule à —36°C.; à cette température le cristal est magnétiquement isotrope en moyenne. Au-dessous de —36°C., K est négatif, les axes binaires sont alors de facile aimantation. Le monocristal possède donc la propriété remarquable qu'aux environs de —36°C. il y a permutation des axes magnétiques, en particulier l'axe quaternaire est de facile ou difficile aimantation suivant que l'on se trouve au-dessus ou au-dessous de —36°C. Il y avait lieu de rechercher si cette particularité se retrouvait dans la résistance électrique qui fait intervenir les électrons périphériques.

Pour effectuer les mesures, le monocristal, sous forme d'un cylindre de 8mm de diamètre et de 3mm d'épaisseur, dont deux faces de clivage perpendiculaires à l'axe quaternaire ont été cuivrées, est placé entre deux électrodes de cuivre (*fig.* 1). Afin d'obtenir d'excellents contacts, l'une des électrodes est montée sur bille et exerce une pression connue sur le cristal grâce à un contre-poids. L'ensemble est compris entre deux disques de plexiglass et trois tubes en maillechort fixent le système au couvercle supérieur L'ensemble est plongé dans un cylindre dans lequel on peut faire le vide.

La résistance est mesurée par la méthode potentiométrique, le courant fourni par une batterie d'accumulateurs de 110 volts et la température donnée par un thermo-couple placé très près du cristal. Un soin tout particulier a été apporté à la réalisation des prises de potentiel qui sont deux lamelles de cuivre. Le dessin donne les détails du montage qui a permis de rendre les forces électromotrices parasites négligeables.

Le cylindre étant plongé dans l'air liquide, on y fait un vide plus ou

---

([1]) *Struckturbereich.*, Leipzig.

([2]) Ch. Guillaud, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

moins poussé qui permet de régler la vitesse du refroidissement et du réchauffage. D'autres expériences ont été réalisées en plongeant le cristal et les électrodes dans un bain d'alcool absolu réfrigéré et énergiquement brassé. Les deux séries d'expériences ont donné des résultats identiques. Les mêmes expériences ont été répétées en exerçant sur le cristal des pressions variées et pour plusieurs intensités de courant. La courbe donnée figure 2 est le résultat d'une moyenne effectuée sur une trentaine de courbes.

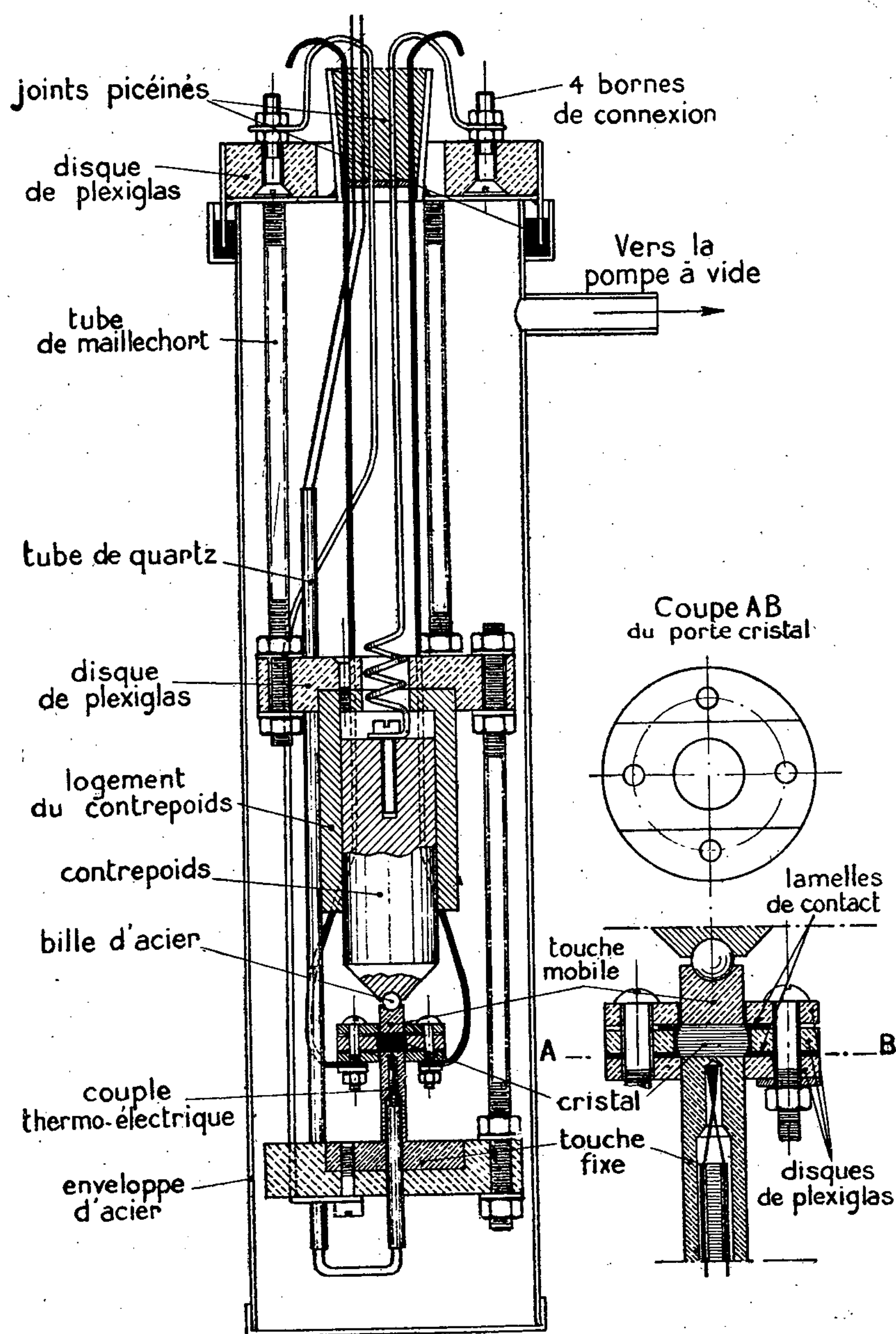


Fig. 1.

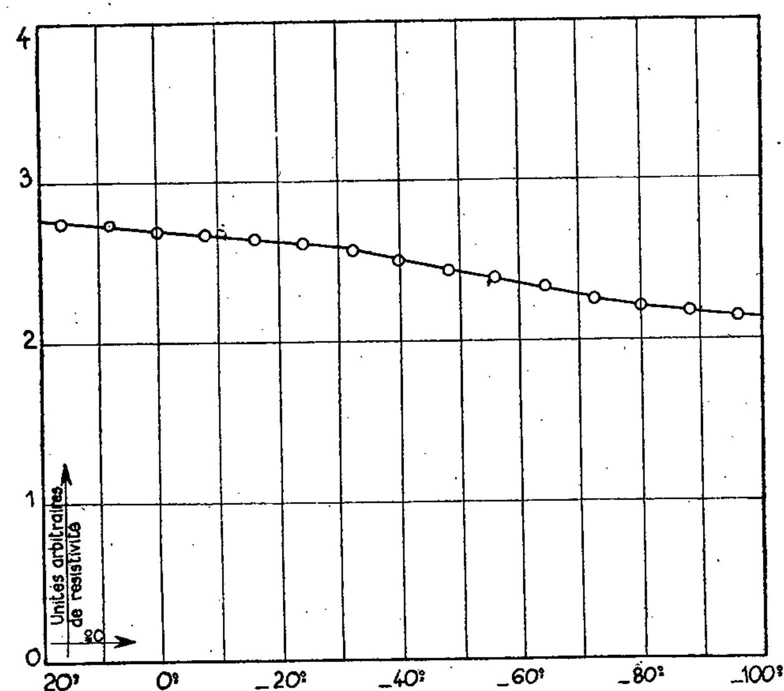


Fig. 2.

On observe sur cette courbe un changement de pente aux environs de — 30°C. Au-dessus de — 30°C. $\Delta R/R_0 = 1{,}3.10^{-3}$ par degré, au-dessous de — 30°C. et près de cette dernière température, $\Delta R/R_0 = 2{,}9.10^{-3}$ par degré, R_0 étant la résistance à 0°C. En fait le cristal n'est magnétiquement isotrope, à une température donnée, que pour un champ donné, et cette température est d'autant plus basse que le champ est plus élevé.

Dans le champ terrestre, c'est à — 30°C. qu'a lieu la permutation des axes magnétiques. Il n'y a donc pas désaccord entre la température pour laquelle K = 0 et celle correspondant au changement de pente de la courbe résistance-température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Une nouvelle représentation du tableau périodique basée sur la structure électronique des éléments.* Note de M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

La nouvelle représentation plane du tableau des éléments que nous proposons est basée sur le fait qu'un triangle isoscèle rectangle de côté égal à un nombre entier n peut être subdivisé en n^2 triangles rectangles isoscèles de côté égal à 1, et que ces derniers peuvent être groupés en n trapèzes isoscèles dont les bases sont parallèles au troisième côté, supposé horizontal, du triangle primitif, chaque trapèze renfermant 1, 3, 5, 7, $2(n-1)+1$ triangles isoscèles élémentaires (*fig.* 1). Comme d'autre part dans un atome le nombre maximum

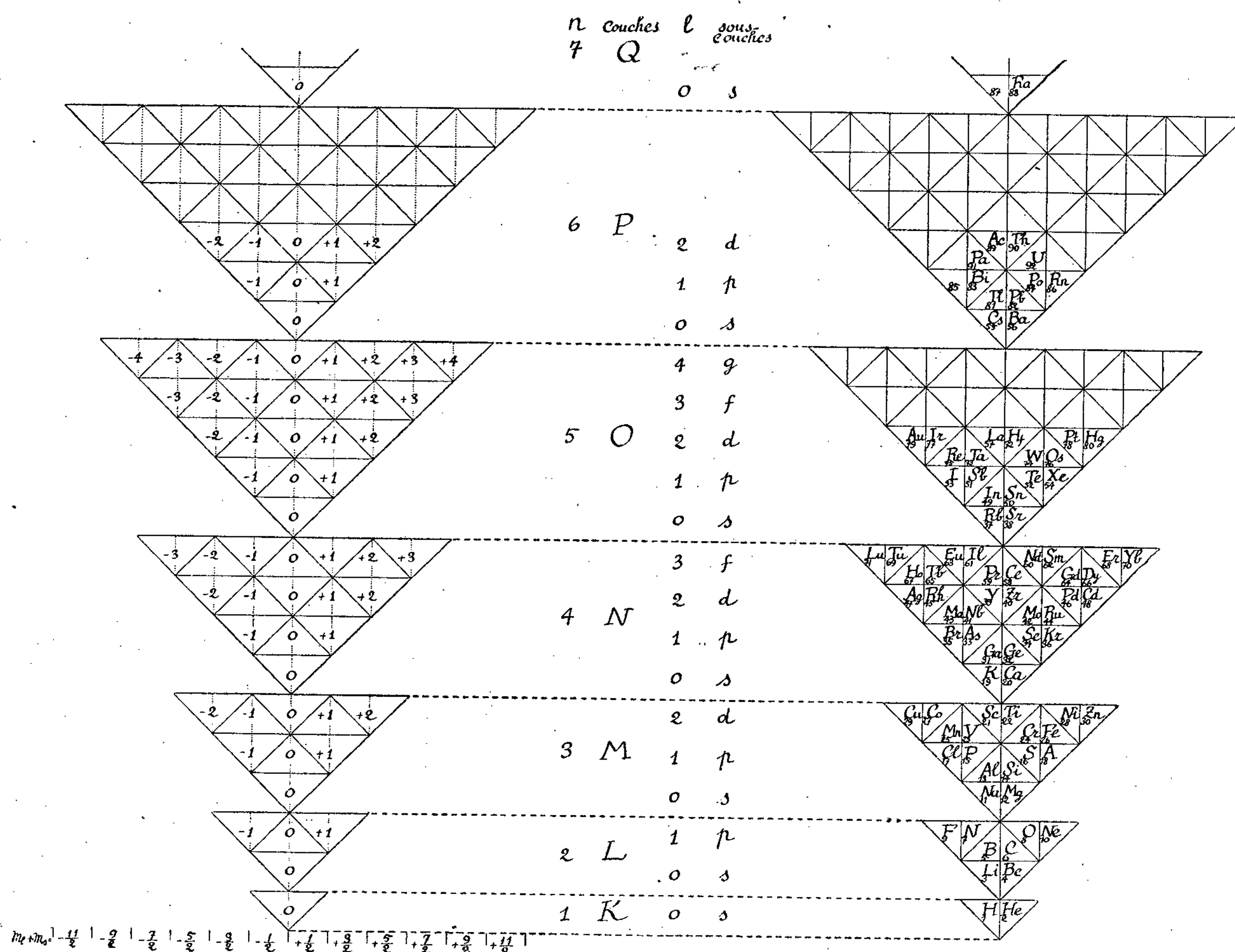


Fig. 1. — Schéma de l'atmosphère électronique. Fig. 2. — Tableau des éléments.

d'électrons que peut renfermer une couche de quantum principal n est égal à $2n^2$ et que cette couche se subdivise en n sous-couches correspondant aux valeurs 0, 1, 2, ..., $(n-1)$ du quantum secondaire 1, renfermant respectivement 2, 6, 10, ..., $2[2(n-1)+1]$ électrons, nous pouvons représenter les

couches électroniques successives par les triangles rectangles isoscèles en faisant varier n de 1 à 7, le triangle isoscèle élémentaire étant pris comme une case à 2 électrons et nous aurons ainsi le nombre exact de cases dans chaque couche et dans chaque sous-couche. Subdivisons chaque case en deux cellules par la bissectrice. Alors l'état d'un électron (défini par les 4 nombres quantiques) peut être représenté par une cellule triangulaire d'après sa situation dans chaque couche : on prendra la cellule droite ou la cellule gauche de chaque case suivant que le nombre quantique de spin m_s est $+1/2$ ou $-1/2$. Les valeurs inscrites dans les cases de la figure 1 sont les nombres de m_l. En composant les nombres m_l et m_s, les cellules situées dans la même colonne verticale auront toutes la même valeur de quantum magnétique total m, comme il est indiqué en bas de la même figure.

Pour représenter un élément donné, il suffira d'indiquer la cellule où s'arrête le cortège des électrons périphériques en y plaçant le symbole de l'élément. Le remplissage des couches successives se fait d'après la règle généralement adoptée, mais on a procédé, comme on le voit, de façon que les éléments de nombre atomique impair occupent la partie gauche du tableau et les éléments de nombre atomique pair la partie droite (*fig.* 2).

En superposant par leurs sommets inférieurs tous les triangles rectangles isoscèles représentant les couches électroniques, tous les éléments ayant des structures superficielles analogues viennent se placer les uns au-dessus des autres : on retrouve ainsi immédiatement les 18 colonnes du tableau de Mendéléeff (sauf l'hélium, qui n'est pas à sa place habituelle et la famille des terres rares, qui est toujours à part, mais bien encadrée dans notre tableau).

Comme ce tableau est établi à partir des quatre nombres quantiques, les propriétés chimiques, magnétiques et optiques de chaque élément y sont ainsi résumées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état de surface sur l'oxydation sèche à haute température d'un austénite au nickel-chrome.* Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Xavier Waché**, présentée par M. Léon Guillet.

Après Utida et Saïto, Pilling et Bedworth, Dunn, Krupkowski, Valensi etc., nous avons étudié l'oxydation sèche des métaux à température élevée par la méthode de la thermobalance. Nous avons utilisé un appareil enregistreur construit par l'un de nous [1], dans lequel une plaquette est chauffée à température constante dans l'air d'un four à cloche : la masse d'oxygène fixé, traduite par l'inclinaison d'un fléau et amplifiée par un miroir, s'inscrit en fonction du temps sur un papier sensible.

L'alliage austénitique étudié (C 0,07; Ni 9,8; Cr 19,0 %) appartient

---

[1] *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **10**, 1944, p. 41.

à la catégorie des métaux qui, chauffés à l'air, se recouvrent d'une pellicule adhérente continue. La réaction se ralentit au fur et à mesure que l'épaisseur de la pellicule augmente : si la vitesse d'oxydation varie en raison inverse de cette épaisseur, selon l'hypothèse de Pilling et Bedworth, la courbe enregistrée est une parabole ordinaire. Le moyen le plus simple de s'en assurer est de la transformer par anamorphose logarithmique, puis de comparer la courbe obtenue à une droite de coefficient angulaire 1/2. On sait qu'une telle droite est sensiblement obtenue pour le nickel et le cobalt. Pour le fer, la loi parabolique est suivie de façon nettement moins exacte et, pour les ferronickels chromés, l'allure du phénomène est bien plus compliquée encore.

Nos expériences sur l'austénite 19/10 ont porté sur deux séries d'éprouvettes découpées dans une tôle laminée à chaud et préparées selon la même technique, sauf en ce qui concerne la finition. Les unes ont été polies avec des papiers à l'émeri de plus en plus fins et dégraissées au trichloéthylène; les autres ont été polies par électrolyse dans un mélange d'acide perchlorique et d'anhydride acétique, selon la technique de M. Jacquet. Les courbes anamorphosées des figures 1 et 2 correspondent respectivement à ces deux procédés de polissage.

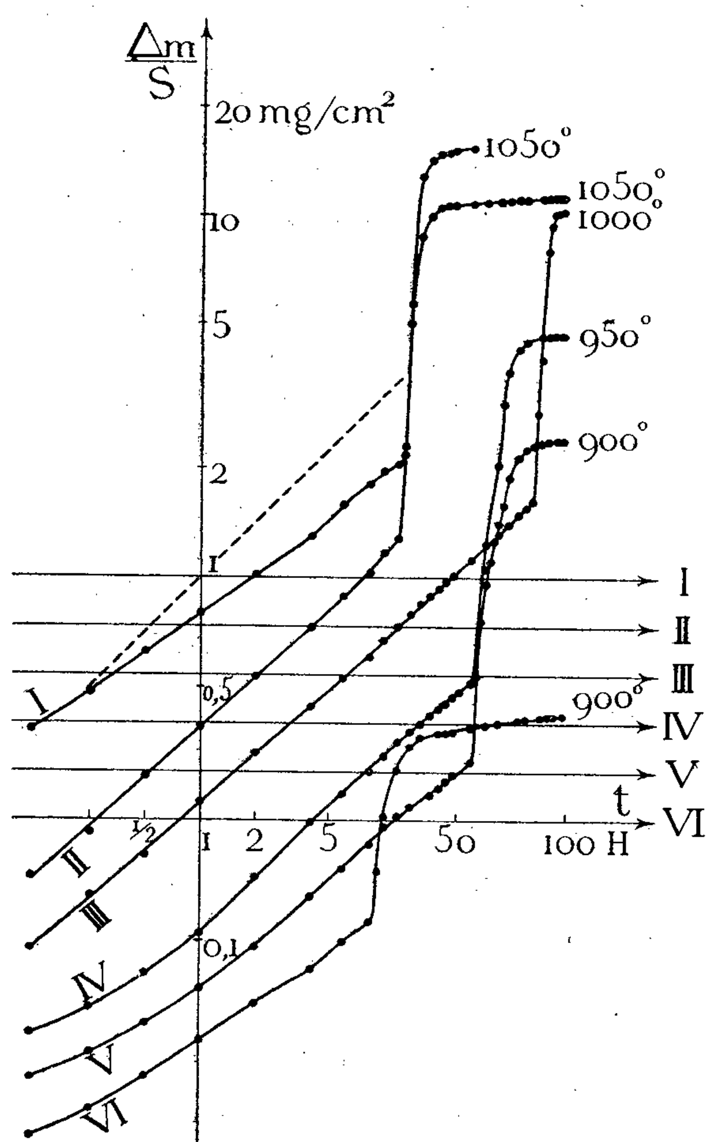


Fig. 1.

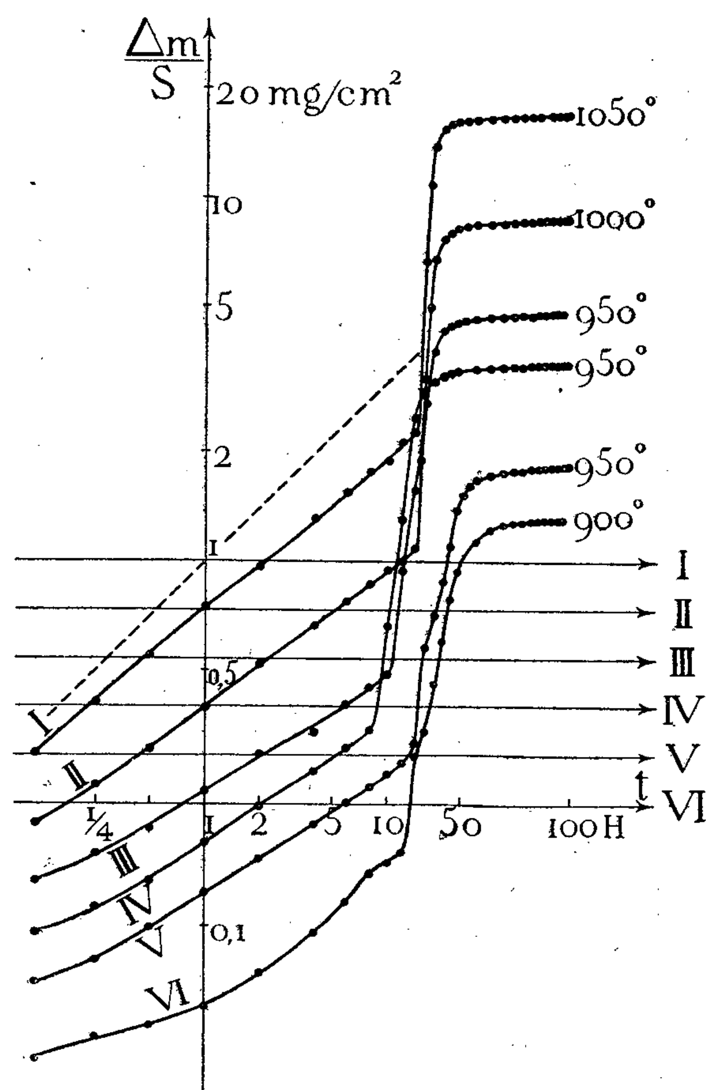


Fig. 2.

Les courbes enregistrées et, plus nettement encore, leurs transformées logarithmiques, montrent que l'oxydation sèche de cet alliage s'effectue

en trois étapes, auxquelles correspondent, sur les figures 1 et 2, un tronçon oblique, un tronçon fortement incliné et un quasi-palier.

Le premier tronçon est bien différent d'une ligne droite et sa pente moyenne, comprise entre 0,29 et 0,46, est inférieure au coefficient 1/2 d'une parabole ordinaire. Ainsi, durant la première étape, la résistance opposé par la pellicule à la pénétration de l'oxygène croît plus vite que proportionnellement à l'épaisseur. Si, malgré cette discordance avec l'hypothèse de Pilling et Bedworth, on calcule un coefficient K défini par $(\Delta m/S)^2 = Kt$, en choisissant pour t la durée de la première étape, on trouve que la valeur de K croît avec la température à peu près selon une loi en $e^{-A/RT}$, avec $A = 49\,500$ cal/at/g. Or les résultats relatifs aux éprouvettes polies par électrolyse sont, par rapport à cette loi, nettement moins dispersés que les autres.

Au tronçon fortement incliné correspond la deuxième étape, dite de l'oxydation accélérée. Ce phénomène, déjà observé par MM. Portevin, Pretet et Jolivet sur les alliages fer-silicium et fer-aluminium [2], débute brusquement au bout d'un temps compris entre 8 et 60 heures. Ce temps diminue en gros quand la température s'élève; mais, pour des raisons encore inconnues, il varie beaucoup d'une expérience à l'autre pour des conditions identiques en apparence. Cependant, si l'on compare dans les figures 1 et 2 les emplacements des tronçons inclinés, on constate que la dispersion très forte pour les éprouvettes polies à l'émeri est nettement moindre pour les autres.

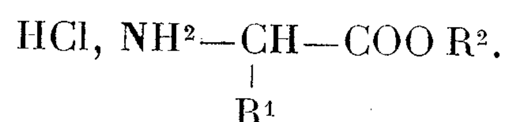
Enfin, pour passer du seuil de la deuxième étape au quasi-palier, les courbes logarithmiques relatives aux différentes températures s'élèvent d'une quantité presque constante, correspondant au coefficient numérique 7,5 environ. En d'autres termes, quand la pellicule oxydée est devenue quasi imperméable, le poids d'oxygène fixé représente 7 fois 1/2 environ le poids d'oxgène combiné au moment où débute l'oxydation accélérée. Quelques exceptions à cette règle ont été observées (courbe VI de la figure 1), mais seulement sur les éprouvettes polies à l'émeri, et l'amplitude du crochet est plus voisine d'une constante dans le cas du polissage par électrolyse.

Ainsi de minimes différences dans l'état initial de la surface affectent de façon notable toute la marche de l'oxydation sèche. Le polissage à l'émeri, même si l'on essaye d'en normaliser la technique, s'est montré incapable de créer un état superficiel reproductible. Le but est plus près d'être atteint, au contraire, par le polissage électrolytique.

([2]) *Rev. Mét.*, 31, 1934, p. 101.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des esters des acides aminés. Application à la synthèse de la dicétopipérazine.* Note de M. **Max Viscontini**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il est impossible de préparer directement les esters libres des acides α aminés, dont on connaît l'importance dans l'étude chimique des protides. On les obtient généralement sous forme de chlorhydrates d'esters



$$\mathrm{HCl,\ NH^2{-}\underset{\displaystyle R^1}{\underset{|}{CH}}{-}COO\,R^2.}$$

Pour obtenir les esters libres, il est donc nécessaire d'éliminer l'acide chlorhydrique qui neutralise la fonction α aminée.

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour cela. En général, on se contente de neutraliser le plus exactement possible l'acide chlorhydrique des solutions de chlorhydrates d'esters par un oxyde métallique (plomb, argent) ou par une lessive alcaline. La solution est alors saturée par du carbonate de potassium et l'on extrait les esters libres par l'éther ou le chloroforme. Les manipulations sont longues et les rendements relativement faibles. Rappelons que T. Curtius ([1]) précipite HCl par l'oxyde d'argent et que E. Fischer ([2]) le neutralise par une lessive de soude. Plus tard, Foreman ([3]) a proposé de neutraliser l'acide chlorhydrique par de la baryte anhydre en se plaçant en solution chloroformique. Bien que cette méthode représente un gros progrès sur les précédentes, les rendements ne sont pas encore quantitatifs.

Je suis parvenu à obtenir quantitativement les esters libres des acides α aminés et cela d'une manière fort simple. Il suffit de mettre les chlorhydrates d'esters en solution ou en suspension dans du chloroforme et d'y faire barboter un courant de gaz ammoniac sec. Le chlorure d'ammonium qui se forme précipite tandis que l'ester libre reste en solution. NH^4Cl est éliminé par filtration, et après distillation du chloroforme, on obtient la totalité des esters libres.

Comme application de cette méthode, j'ai préparé de la dicétopipérazine à partir du glycocollate d'éthyle suivant le procédé de E. Fischer et E. Fourneau ([4]).

Glycocollate d'éthyle. — $7^g,500$ de chlorhydrate de glycocollate d'éthyle desséché et pulvérisé sont mis en suspension dans du chloroforme anhydre bien pur. On y fait passer pendant cinq minutes un courant de gaz ammoniac sec. Le chlorure d'ammonium précipite. On l'élimine par filtration, puis le chloroforme est distillé. On obtient $5^g,500$ d'une huile incolore qui présente toutes les réactions du glycocollate d'éthyle. Rendement quantitatif.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, **16**, 1883, p. 753.
([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 433.
([3]) *The Biochem. Jour.*, **13**, 1919, p. 378.
([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 2868.

Dicétopipérazine. — A 5g,500 d'ester éthylique très fortement refroidi, on ajoute peu à peu 3cm³,3 d'eau glacée et l'on abandonne le mélange pendant trois jours à la température du laboratoire. Il se forme des cristaux de dicétopipérazine qu'on recueille suivant la méthode de Fischer et Fourneau. Poids recueilli 2g. Rendement à partir du chlorhydrate d'ester utilisé : 66 %. E. Fischer ([5]) indique par sa méthode un rendement global de 40 %.

La nouvelle méthode est donc intéressante et son utilisation se montre fort appréciable lorsqu'on veut préparer de la glycylglycine par ouverture du cycle de la dicétopipérazine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de l'acide β naphtoïque.* Note de MM. **Henri Wahl** et **Helmy Basilios**, présentée par M. Marcel Delépine.

Malgré de nombreuses recherches la préparation de quantités importantes d'acide β naphtoïque reste assez pénible. La méthode apparemment la plus simple consiste à préparer le cyano-2 naphtalène en appliquant la réaction classique de Sandmeyer à la β naphtylamine et à hydrolyser le nitrile. La première de ces réactions a donné à Richter ([1]) un rendement de 25 à 35 % que Clarke et Read ([2]) ont pu élever à 55 %, tandis qu'au contraire Rupe et Becherer ([3]) n'ont obtenu que 11 % de la théorie en cyano-2 naphtalène. Plus récemment Mac Rae ([4]) a remplacé le cyanure cuivreux par le cyanure double de nickel et de potassium, ce qui lui a donné 66 % de rendement, mais il opère avec de grands volumes de liquide. Goldstein et Chatellain avec une variante de cette méthode indiquent 60 % de rendement ([5]). Un autre mode de préparation du même nitrile a été employé par Ekstrand ([6]) et repris, il y a quelque temps, par Heberlein ([7]) et par Sah ([8]). Il consiste à chauffer un mélange de naphtalène β sulfonate de sodium et de ferrocyanure de potassium. On obtient ainsi à peu près 20 % de nitrile. D'autres auteurs ont essayé d'oxyder le méthyl-2 naphtalène ou ses dérivés ω halogénés, mais sans obtenir de bons résultats ([7]). Darzens et Mentzer ont préparé directement le β naphtoate de méthyle à partir de l'acétyl-2 naphtalène par l'intermédiaire du dérivé nitrosé ([9]). C'est aussi à partir de l'acétyl-2 naphtalène que Fieser, Newmann et Holmes préparent l'acide β naphtoïque par oxydation à l'aide de l'hypochlo-

---

([5]) *Ber. d. chem. Ges.*, **39**, 1906, p. 2930.

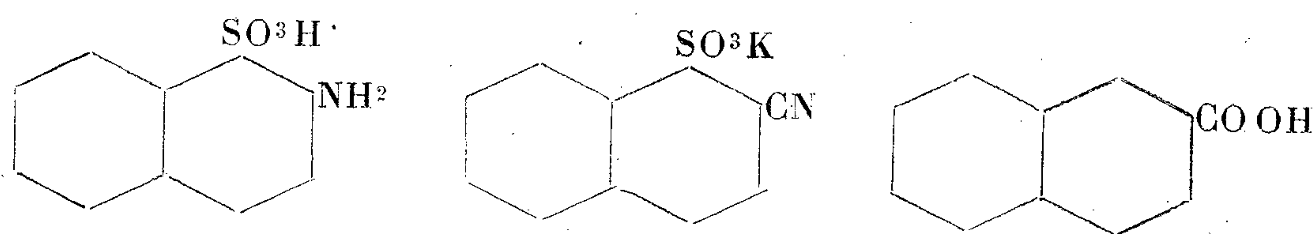
([1]) *Ber. d. Chem. Ges.*, **22**, 1889, p. 2449.
([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 1001.
([3]) *Helv. Chim. Acta*, **6**, 1923, p. 880.
([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **52**, 1930, p. 4550.
([5]) *Helv. Chim. Acta*, **17**, 1934, p. 1481.
([6]) *J. prakt. Chem.*, **38**, 1888, p. 139.
([7]) *Thèse*, Paris, 1937; *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, **6**, 1939, p. 533.
([8]) *Ber. d. chem. Ges.*, **73**, 1940, p. 762.
([9]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 113.

rite de sodium, et cette méthode a été adoptée par les *Organic Synthesis* (10). Le rendement est très bon, mais il faut disposer de la cétone qui se forme en même temps que l'isomère α dans la condensation du naphtalène avec le chlorure d'acétyle.

Désirant utiliser l'acide β naphtoïque pour diverses synthèses, nous avons été surpris des difficultés que présente la transformation de la β naphtylamine en cyano-2 naphtalène, car en série benzénique, des transformations analogues se font presque quantitativement. Nous avons supposé que cela était dû aux conditions difficiles de la diazotation de la naphtylamine. Pour tourner cette difficulté, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible d'employer un dérivé sulfoné de la base pour faire la transformation et d'éliminer ensuite le groupe sulfonique. Nous avons choisi pour cet essai l'acide naphtylamine-2 sulfonique-1 ou acide de Tobias, produit courant de l'industrie des colorants, dans lequel il est connu que le groupe sulfonique s'élimine très facilement.

Or la transformation de cet acide de Tobias en cyano-2 naphtalène sulfonate de potassium a effectivement déjà été réalisé par Linstead et ses élèves (11), et nous avons pu l'effectuer avec un rendement de plus de 90 % en opérant de la manière suivante :

Une molécule du produit est dissoute dans la quantité juste nécessaire de soude diluée et additionnée d'une molécule de nitrite de sodium. On verse ce mélange lentement dans 3 molécules d'acide chlorhydrique mêlé de son poids de glace. Le dérivé diazoïque se forme aussitôt et cristallise. On l'essore et le lave à l'eau froide. D'autre part, on prépare une solution de cyanure cuivreux en dissolvant 125^{g} de sulfate de cuivre dans 200$^{cm^3}$ d'eau. On ajoute 50^{g} de chlorure de sodium, puis vers 80°, 60$^{cm^3}$ de bisulfite de sodium. On chasse l'excès de SO^2 en faisant bouillir et après refroidissement on ajoute 110^{g} de cyanure de potassium dissous dans 250$^{cm^3}$ d'eau. La pâte de diazoïque encore humide est versée dans cette solution cuivreuse maintenue vers 5 à 8° et le tout est agité mécaniquement. Il se dégage régulièrement de l'azote et il se forme un précipité. Après 10 heures d'agitation, on porte à l'ébullition, ajoute 200^{g} de chlorure de potassium et laisse cristalliser. On obtient ainsi des paillettes légèrement colorées en orange qu'on essore et lave avec un peu d'eau. Après recristallisation dans l'eau ces cristaux présentent la composition du cyano-2 naphtalène sulfonate de potassium-1.



Le produit brut obtenu ainsi est séché à l'étuve et mis en suspension dans de l'acide sulfurique à 80 %. Le mélange est porté à l'ébullition et il se forme rapidement des cristaux blancs sur les parois du ballon. Après 12 heures d'ébullition à reflux, on filtre sur

(10) *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, p. 1055; *Organic Synthesis*, **17**, 1937, p. 65; *J. Soc. Chem. Ind.*, **44**, 1925, p. 493; *Ber. d. chem. Ges.*, **62**, 1929, p. 645.

(11) *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 1739.

une plaque de verre fritté. Les cristaux obtenus sont purifiés par dissolution dans la soude diluée et reprécipitation par un acide.

Ils fondent alors à 185° et sont identifiés avec l'acide β naphtoïque par leur composition et leurs propriétés (éther méthylique F : 74°).

Ainsi l'ébullition avec l'acide sulfurique a provoqué simultanément l'élimination du groupe sulfonique et la saponification du groupe CN en COOH. Le rendement de l'opération est de 80 à 84 % d'acide β naphtoïque par rapport à la théorie.

Le même principe s'applique à la préparation d'autres dérivés β substitués du naphtalène pour lesquels la réaction de Sandmeyer appliquée simplement à la β naphtylamine ne donne que des rendements médiocres.

GÉOLOGIE. — *Comparaison du relief antécrétacé de la Bretagne et de celui de la Meseta Marocaine.* Note de M. **Jacques Bourcart.**

Le relief de la zone côtière bretonne, tel qu'il a été, selon nous, dégagé par l'érosion des sédiments crétacés (ou parfois éocènes) qui l'ont fossilisé [1], puis de la couverture uniformisante de limons, ou qui se trouve à nu dans les parties élevées (Arrée, Montagne Noire etc.), est fait de buttes pyramidales ou coniques, de crêtes quartzitiques aiguës, séparées par des couloirs plus ou moins remblayés ou des dépressions marécageuses. Il correspond à une pénéplaine typique, où subsistent *monadnocks hog backs*, c'est-à-dire les caractéristiques mêmes de la pénéplaine éponyme, celle de la Nouvelle-Angleterre [2]. Ce relief est, en tous points, comparable à celui de la Meseta Marocaine qui, lui aussi, émerge ou est exhumé d'un remplissage crétacé qui le fossilisait. Les exemples des *sokhats* de la région entre Rabat et Casablanca, de la Chaouia [3], des montagnes exhumées des Skhour ou des Rehamna, de la vallée intérieure de l'Oum er Rebia sont classiques depuis les travaux de Louis Gentil. Il en est de même du relief des *tanezroufts* qui entourent le Massif du Hoggar [4].

Mais, au Maroc, il est possible de préciser l'âge de ce relief : En effet, à l'Est de Rabat ou dans l'Azarhar zaïan, le Trias gréseux apparaît sous le Crétacé et, progressivement, le remplace comme couverture fossilisant le relief. Sous la surface à peu près plane de ce Trias, on peut observer, en plusieurs points, une formation détritique qui remplit les creux et dépressions. Elle est formée des produits, en général grossiers, de la dénu-

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 303.

(2) Douglas W. Johnson a montré que le golfe du Maine était lui-même formé de couches sédimentaires, en général tertiaires : *Ann. de Géogr.*, XXXIII, 1924, pp. 313-328.

(3) De Martonne, Célérier et Charton, *ibid.*, pp. 244-256. Dans la région de Casablanca à Rabat, ce n'est pas seulement le Crétacé (visible à l'Oued Mellah), mais le Miocène, le Pliocène marin et le Quaternaire dunaire qui concourent à former le remplissage à surface horizontale.

(4) Jacques Bourcart, *Un Voyage au Sahara* (*Publ. Com. Afr. Franç.*, 1924).

dation : ce sont les couches autuniennes ([5]) que Henri Termier a décrites dans la vallée fossile de Khénifra, à Mechra ben Abbou et que j'ai retrouvées, entre ces deux points, dans la dépression de Sidi Cheho. Dans d'autres régions (Haut Atlas), l'âge de ce remplissage remonte même jusqu'au Stéphanien.

L'action prolongée de l'érosion marine est incapable de transformer, comme je l'ai précédemment indiqué ([6]), un pays plissé en pénéplaine. L'action fluviale, seule, ne peut créer qu'un relief d'équilibre dont la région parisienne offre un modèle. Une usure aussi profonde que celle que nous montrent les Rehamna ou la pénéplaine qui entoure le Hoggar, ne peut non plus être l'œuvre du vent qui ne déblaie que des sols meubles (Jacques Bourcart, *Rev. de Géogr. et de Géol. Dyn.*, 1928, I et III).

Seule l'action prolongée de la décomposition chimique, par les eaux superficielles, ou surtout souterraines, peut transformer une zone de roches dures ou cristallines en un ensemble meuble où l'érosion, favorisée par un soulèvement contemporain, permettra un travail des eaux superficielles aussi actif que dans des sédiments meubles.

Cette décomposition cadre avec le type de climat que l'on pense avoir régné dans ces régions dans l'intervalle stéphano-permien.

La comparaison avec l'Afrique du Nord est d'autant plus justifiée que, dans le Massif armoricain, des accumulations de produits détritiques très importantes, d'âge également stéphano-permien, se sont conservées comme, par exemple, dans le Bassin de Littry.

On peut donc, selon nous, émettre l'hypothèse que, dans toutes les régions de l'Europe et de l'Afrique du Nord, où des mouvements alpins ne se sont pas produits, le relief cristallin ou paléozoïque, qui apparaît sous nos yeux, est un relief permien exhumé par l'érosion de *gangues* sédimentaires variées, continentales ou marines, qui l'ont préservé jusqu'à nos jours.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence à Madagascar d'un* Aphananthe, *genre d'Ulmacée d'Extrême-Orient et d'Australie orientale* ([1]). Note de M. **Jean-François Leroy**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Le genre *Aphananthe* ne compte que quelques espèces occupant une aire géographique relativement restreinte qui s'étend depuis le Nord

---

([5]) *Thèse*, Paris, 1936.

([6]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 357.

([1]) La seule espèce de distribution indo-malaise, *Aphananthe cuspidata* Planch, avait été nommée antérieurement par Thwaites. *Gironniera reticulata* (*Enum. Pl. Zeyl.*, **1**, p. 268); dans les travaux postérieurs à la monographie de Planchon, les auteurs la rapportent à nouveau à un *Gironniera* (Kurz, Bentham et Hooker, Priemer, Gagnepain, ...).

de la Chine et du Japon jusqu'à l'Australie orientale en passant par les Philippines. Dans son travail sur la distribution géographique des Ulmacées (1904), Ch. Bernard constatait cette curieuse disjonction entre les Philippines et l'Australie et émettait l'hypothèse qu'une connaissance plus étendue de la flore des îles intermédiaires viendrait probablement un jour combler cette lacune. Il n'en a rien été jusqu'à présent. L'aire de ce genre a cependant été précisée par Gagnepain qui, révisant les Ulmacées d'Indochine, a décrit (1925) une nouvelle espèce, *A. lissophylla* Gagnep. rattachée improprement par Pierre à un *Gironniera.* Malgré l'affinité de ces deux genres, il n'est pas douteux ici qu'il s'agisse parfaitement d'un *Aphananthe.*

Dans l'Herbier de H. Perrier de la Bâthie nous avons eu la surprise de trouver, parmi les plantes indéterminées, un spécimen (n° 15489), malheureusement incomplet, mais tout à fait suffisant pour nous permettre, après étude morphologique et anatomique, d'affirmer que nous avons affaire à une espèce nouvelle d'*Aphananthe*, endémique à Madagascar. Nous la nommerons *Aphananthe sakalava* Leroy. L'étude systématique et la diagnose spécifique en seront publiées ailleurs (*Bulletin de la Société botanique de France*). C'est un petit arbre de la forêt des alluvions du domaine de Sambirano, connu sous le nom vernaculaire de *Hidina* (Note du collecteur).

L'aire de distribution du genre s'accroît ainsi dans d'immenses proportions, et la disjonction que mesurent cette fois l'Océan Indien, la Péninsule indienne et la Birmanie n'a plus de commune mesure avec celle que notait Ch. Bernard.

Cette découverte présente un double intérêt, botanique et géobotanique d'une part, paléogéographique d'autre part.

C'est un élément de plus qui montre les affinités limitées, mais indiscutables de la flore malgache et de la flore orientale. *A. sakalava* croît précisément dans un domaine qui fait partie de la région phytogéographique orientale de la Grande-Ile, là où les genres orientaux sont nombreux : c'est un genre d'origine lémurienne, inconnu en Afrique.

Peut-être y a-t-il aux Indes des représentants de ce genre encore inconnus ou confondus avec des *Gironniera.* Ceux-ci en effet descendent jusqu'à Ceylan. En l'absence d'une révision — que nous allons entreprendre — des différentes espèces connues de *Gironniera* et d'une connaissance parfaite des flores intermédiaires, il n'est pas possible d'interpréter les disjonctions d'aire. Celles-ci pourraient bien être plus apparentes que réelles. Les *Holoptelea*, autre genre de la même famille, étaient eux aussi jusqu'en 1920 considérés comme strictement indo-malais : on sait qu'ils ont été découverts depuis à Madagascar et en Afrique tropicale (une espèce sur deux pour la seule Afrique).

De l'*Aphananthe* dont l'aire s'étend jusqu'au Japon, nous pouvons rapprocher l'*Ulmus parvifolia* qui vit encore en Chine orientale, au Japon et sur la côte Est australienne. L'un et l'autre ont livré des fossilles dans le tertiaire supérieur de Mogi (Japon). Du second il a été trouvé, en outre, des fossiles également tertiaires (très voisins de l'espèce actuelle), au Portugal, en France méridionale, en Italie et même en Europe centrale. On peut donc penser que le genre *Aphananthe* a, ou a eu lui aussi, une aire de distribution très étendue et que la découverte de stations actuelles ou fossiles viendra un jour parfaire nos connaissances.

L'espèce de Madagascar est assez différente des espèces déjà connues, mais la communauté générique, dans ce cas de *migration lente* (2), suivant la terminologie de H. Perrier de la Bâthie, vient corroborer la thèse de l'existence de connexions terrestres indo-malgaches anciennes (qui n'auraient été rompues que postérieurement au Crétacé) ou en tout cas de relations étroites.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nutation des vrilles est-elle influencée par les tuteurs ?* Note de M. **Antonin Tronchet** et Mme **Josette Tronchet**, présentée par M. Joseph Magrou.

Il est nécessaire de rappeler d'abord nos définitions des grandeurs R, v^m et v^m/r. R, exprimé en millimètres, est le *rayon effectif*, segment de droite unissant la base O et le sommet S de la vrille; v^m, exprimée en millimètres par seconde, est la *vitesse moyenne* du sommet dans l'intervalle de temps de durée constante (5 minutes) compris entre deux relevés consécutifs; v^m/r est le quotient de cette vitesse par la moyenne arithmétique r des deux rayons effectifs R^n et R^{n+1} correspondant au début et à la fin de l'intervalle.

Il semble que la mise en place d'un tuteur à proximité d'une vrille amène dans la direction et la vitesse du mouvement révolutif des perturbations qui tendent à favoriser le contact.

Les figures *a*, *b* et *c* se rapportent à l'observation n° 114 prise comme exemple (vrille de *Cyclanthera pedata*, Cucurbitacée). La température est restée comprise entre 22°,5 et 24°,5 C. et l'observation a été faite en lumière naturelle diffuse, par temps clair, sans modification *brusque* d'éclairement. De la position zéro à la position 35, la nutation a lieu sans tuteur et les projections horizontales du sommet de la vrille (*fig. a*) s'inscrivent toutes dans la moitié gauche du graphique. Immédiatement après 35 un tuteur vertical est placé en T. Environ 15 minutes après

(2) Cette expression ne prétend préciser ici qu'un mode de dispersion sans prendre aucunement parti dans la question de l'Ologenèse.

(entre 38 et 39) le sommet de la vrille marque un *brusque changement de direction* dont l'effet est d'élargir la révolution en cours et d'amener la vrille dans le secteur encore non exploré où se trouve le tuteur (à droite de la figure *a*). Il en résulte que la vrille doit toucher le tuteur vers la

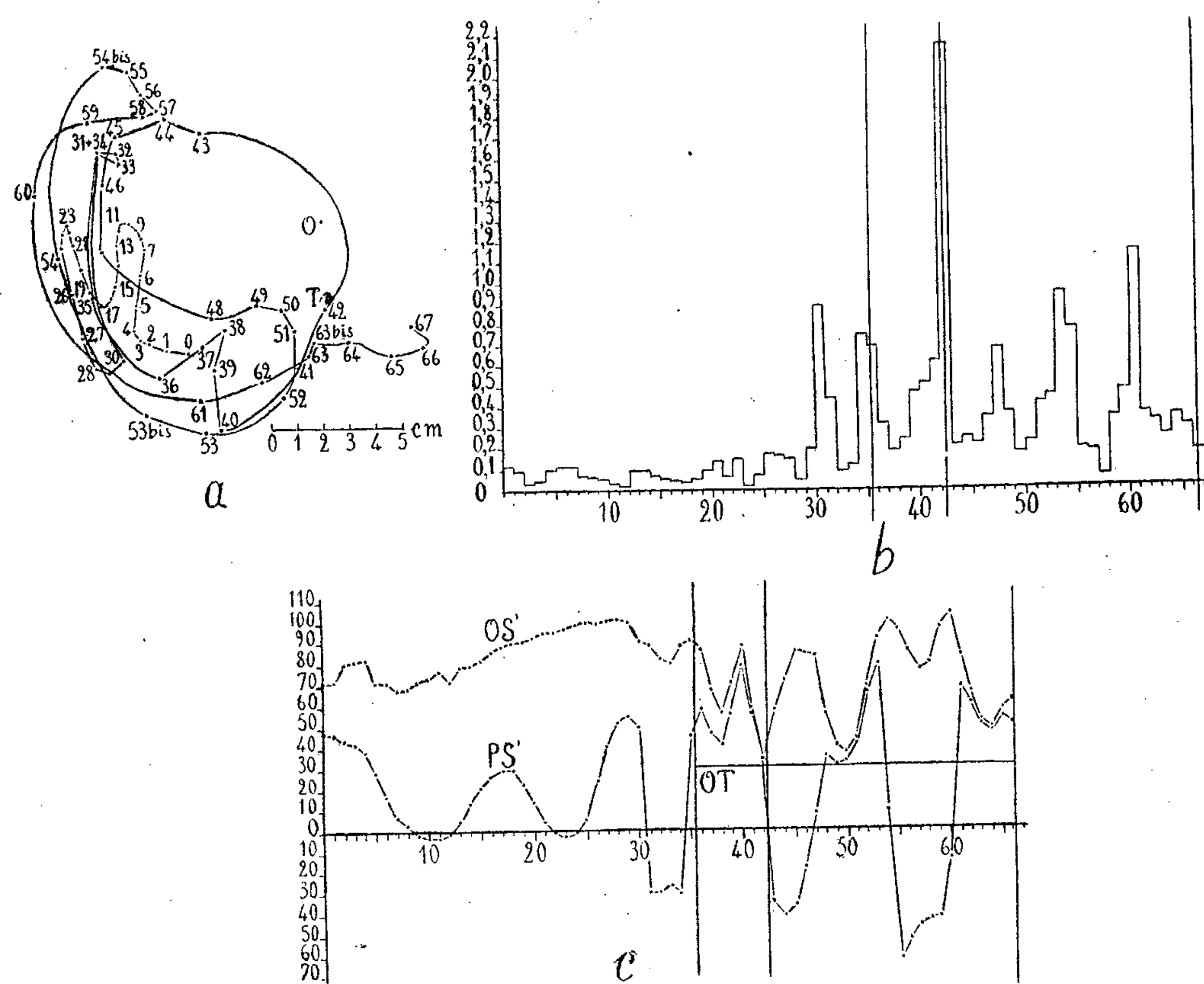


Fig. *a*, graphique des projections horizontales. Le point désigné par la lettre O est la base de la vrille. — Fig. *b* et *c*, en abscisses, les temps en 5 minutes; en ordonnées, les valeurs $v^m/r \times 300$ (*fig. b*). OS', PS' et OT (*fig. c*); les perpendiculaires abaissées sur l'axe des abscisses en 35, 42 et 66 indiquent respectivement la pose du tuteur, un contact virtuel et le contact réel.

position 42. Ce ne sera cependant qu'un *contact virtuel*, car le tuteur est alors rapidement enlevé pour être remis en place aussitôt après le passage de la vrille. Durant la révolution suivante, la vrille se rapproche encore beaucoup du tuteur entre 48 et 51, mais sans l'atteindre. Il en serait probablement de même à son passage suivant devant le tuteur si la direction marquée par les points 63 et 63 *bis* n'était brusquement modifiée entre 63 *bis* et 64; au lieu de continuer à se mouvoir dans cette direction, auquel cas le tuteur serait tout au plus frôlé, le sommet de la vrille décrit alors *un crochet tout à fait extraordinaire. A la suite de cette déviation* la vrille touche le tuteur 2 minutes après 66; elle réagit au contact et se fixe bientôt par trois tours de spire.

Le calcul des vitesses v^m *fait apparaître des valeurs très différentes avant et après la pose du tuteur.* La moyenne, le maximum et le minimum de l'espace parcouru en 5 minutes sont respectivement de 13, 86 et 2^{mm} avant tuteur et de 34, 108 et 5^{mm} après tuteur. Le calcul de v^m/r montre aussi *une accélération marquée de la nutation après la pose du tuteur* et notamment

un maximum extraordinairement élevé (en 42, *fig. b*) correspondant au contact virtuel.

Les perturbations qui succèdent à la pose du tuteur sont encore plus manifestes dans la figure *c*, où sont superposés les diagrammes des grandeurs que nous appelons OS′, OT et PS′. OS′ est la longueur en millimètres de la projection horizontale du rayon effectif pour chacune des positions du sommet S; cette valeur traduit l'amplitude des révolutions par rapport à un axe vertical passant par la base O de la vrille. La constante OT est la longueur en millimètres d'un segment de droite OT qui relierait dans le graphique *a* la base O au milieu du tuteur T. PS′ est la cote du sommet de la vrille par rapport à un plan vertical passant par la base O et perpendiculaire à OT; ses valeurs sont positives lorsque le sommet de la vrille se trouve du même côté de ce plan que le tuteur, négatives lorsqu'il est du côté opposé, et nulles lorsqu'il se situe dans ce plan lui-même. Les valeurs OS′ et PS′ doivent être supérieures ou au moins égales à OT pour que le contact soit possible. Lorsqu'elles sont à la fois supérieures à cette valeur et égales entre elles, ce qui a lieu en 42, la projection horizontale du sommet de la vrille se trouve au delà de T sur le prolongement de OT. La superposition des diagrammes OS′, OT et PS′ montre qu'*avant la pose du tuteur les valeurs* OS′ *et* PS′ *varient suivant un rythme très différent, tandis qu'après la pose du tuteur le diagramme des valeurs de* PS′ *supérieures à* OT *tend manifestement à se confondre avec celui des valeurs* OS′. Cela signifie que, pour de telles valeurs de PS′, le sommet de la vrille tend à se rapprocher de la direction OT et par suite *à prendre la position la plus favorable au contact de la vrille avec le tuteur.*

Dans nos autres observations de la nutation des vrilles en présence de tuteurs, nous avons constaté également, à un degré plus ou moins marqué suivant les cas, des perturbations du mouvement révolutif toutes les fois qu'il s'agissait de vrilles en pleine activité de croissance, capables de réaction thigmotropique et que le tuteur était dressé verticalement à une proximité suffisante, dans une position facilement accessible, conditions qui se sont trouvées réalisées dans 40 observations. C'est l'ensemble de ces faits qui nous amène à formuler ici l'hypothèse d'une influence des tuteurs (avant contact) sur la nutation des vrilles.

GÉNÉTIQUE. — *Hybrides polygénomiques de* Nicotiana. Note de MM. **Henri Hitier** et **Alexandre Fardy**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Chez nos hybrides de deux espèces nous avions constaté, d'une façon générale, un parallélisme entre le degré de fertilité de la forme amphidiploïde d'une part, le nombre de base et la nature des rapports synaptiques

des génômes parentaux d'autre part; en d'autres termes, plus les nombres chromosomiques des parents sont faibles et l'asyndèse poussée chez l'hybride, plus la fertilité et la stabilité de la forme amphidiploïde sont élevées : ex. les amphidiploïdes *Nicotiana suaveolens* ($n = 10$) × *N. glutinosa* ($n = 12$) et *Nicotiana glauca* ($n = 12$) × *N. longiflora* ($n = 10$).

Il n'en est pas de même des hybrides triples et quadruples, qui sont des hybrides polygénomiques obtenus expérimentalement en croisant, dans le premier cas, un amphidiploïde par une tierce espèce (ou réciproquement) et deux amphidiploïdes dans le second cas; tels sont nos hybrides :

1° [*N. suaveolens* Lehm. ($n = 16$) × *N. glutinosa* L. ($n = 12$)]α [1] × *N. Bigelovii* Wats. ($n = 24$), hybride triple haploïde à $16 + 12 + 24 = 52$ chromosomes, à méiose du type asyndétique dont les anomalies conduisent à la formation de 80 à 90 % de tétrades avec 1 ou 2 microcytes; entièrement stérile. La forme triple diploïde obtenue par l'action de la colchicine a $52 \times 2 = 104$ chromosomes et une méiose auto-asyndétique : 49 à $50_{\rm II}$ et 4 à $6_{\rm I}$; la fécondité est très faible par suite de la chute prématurée des capsules.

2° [*N. glutinosa* L. ($n = 12$) × *N. sylvestris* Speg. et Comes ($n = 12$)]α × *N. glauca* Grah. ($n = 12$), hybride triple haploïde à $12 + 12 + 12 = 36$ chromosomes, à méiose asyndétique et entièrement stérile. La forme triple diploïde, à $36 \times 2 = 72$ chromosomes, bien que présentant une autosyndèse plus rigoureuse que celle du précédent (en $M_{\rm I}O$ à $4_{\rm I}$ seulement), forme du pollen entièrement composé de grains aberrants (vides).

3° *N. rustica* L. ($n = 24$) × [*N. Bigelovii* Wats. ($n = 24$) × *N. glutinosa* L. ($n = 12$)]α à $24 + 24 + 12 = 60$ chromosomes est asyndétique, mais on note cependant la présence de quelques pseudobivalents; la stérilité est totale. La forme triple diploïde à $60 \times 2 = 120$ chromosomes a une méiose auto-allo-asyndétique : 40 à $50_{\rm II}$, 1 ou $2_{\rm IV}$ et 10 à $20_{\rm I}$; en dépit de nombreuses irrégularités qu'on y rencontre, cet hybride arrive à former 40 à 60 % de bon pollen et à donner des capsules contenant quelques graines.

4° [*N. glauca* Grah. ($n = 12$) × *N. Tabacum* L. ($n = 24$)]α × *Sanderæ* Hort. ($n = 9$) à $12 + 24 + 9 = 45$ est allo-asyndétique : 16 à $20_{\rm II}$ et 4 à $12_{\rm I}$ et stérile. La forme triple diploïde à $45 \times 2 = 90$ chromosomes est auto-asyndétique 40-$43_{\rm II}$ et 4 à $10_{\rm I}$; on note 90 % de tétrades avec 1 à 3 microcytes, mais le pollen cependant présente 70 à 90 % de bons grains. La plupart des capsules formées ont tendance à tomber prématurément.

---

[1] α = amphidiploïde.

5° *Sanderæ* Hort. ($n = 9$) × [*N. glauca* Grah. ($n = 12$) × *N. Langsdorffii* Weim ($n = 9$)] α, hybride triple haploïde à $9 + 12 + 9 = 30$ chromosomes; partiellement allosyndétique, forme 60 % de bon pollen est cependant stérile.

6° [*N. glutinosa* L. ($n = 12$) × *N. glauca* Grah. ($n = 12$)] α × [*N. Tabacum* L. ($n = 24$) × *N. sylvestris* Speg. et Comes ($n = 12$)] α, hybride quadruple haploïde, réunissant les génômes des quatre parents, à méiose allo-asyndétique : 20 à 26_{II} et 8 à 12_{I}, forme 80 à 90 % de tétrades avec 1 ou plusieurs microcytes et quelques diades (10 %); entièrement stérile.

7° [*N. suaveolens* Lehm. ($n = 16$) × *N. quadrivalvis* Pursh ($n = 24$)] α × [*N. glutinosa* L. ($n = 12$) × *glauca* Grah. ($n = 12$)] α, hybride quadruple haploïde asyndétique à $16 + 24 + 12 + 12 = 64$ chromosomes; stérile.

En résumé, nous pouvons faire ressortir que :

1° Les hybrides polygénomiques obtenus sont, du point de vue morphologique, intermédiaires entre les parents. Ils fleurissent abondamment sous leur forme haploïde et présentent un développement vigoureux.

2° La stérilité est totale chez les formes triples haploïdes et quadruples haploïdes, quelles que soient d'ailleurs les modalités de leur comportement méiotique [à l'exception de l'hybride triple haploïde *glutinosa* (*sylvestris*) *tabacum* allosyndétique obtenu l'an dernier et qui nous a donné cette année une descendance directe].

3° Le doublement provoqué par la colchicine est loin d'établir une régularisation du jeu méiotique comme dans le cas des hybrides amphidiploïdes; dans certains cas la faible fertilité obtenue peut être interprétée par le comportement méiotique; dans d'autres elle paraît obscure ou attribuable encore à un déséquilibre physiologique dans la formation des capsules qui tombent prématurément. Certains hybrides triples diploïdes ne seraient susceptibles de donner une descendance que par recroisement par un des parents; tel est le cas de l'hybride triple diploïde *glutinosa* (*sylvestris*) *tabacum* dont les ovules seuls paraissent fonctionnels et dont la descendance F_2 est formée uniquement de formes recroisées en F_1 par *Tabacum* et de quelques pieds parthénogénétiques haploïdes. Les hybrides polygénomiques partiellement fertiles sont donc des formes instables appelées à se disjoindre.

4° Les hybrides triples et quadruples permettent de pousser plus loin l'étude des relations génomiques d'espèce, qui, prises deux à deux, ne se croisent pas entre elles, en réunissant leurs génômes dans un même individu; tel est par exemple le cas de l'hybride triple : *glutinosa* (*sylvestris*) *glauca*, où nous sommes arrivés à mettre en présence dans un même hybride les génômes des espèces *glauca* et *sylvestris* qu'on n'arrive pas à croiser

entre elles directement, et aussi du croisement triple *rustica* (*Bigelovii*) *glutinosa*, chez lequel on note également la coexistence des génômes *rustica* et *glutinosa* incapables de former à eux deux un zygote viable.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 9 avril 1945.)

Note de M. *Jean Abelé*, Définition cinématique des oscillations de relaxation :

Page 512, ligne 32, *au lieu de* (3) $z = \cos\theta - \theta - a\sin^3\theta$,
lire (3) $z = \cos\theta - a\sin^3\theta$.

(Séance du 4 juin 1945.)

Note de MM. *Lucien Malavard* et *Raymond Siestrunck*, Sur l'étude, par expérimentation analogique, de grilles rectilignes de profils quelconques :

Page 811, ligne 23, *au lieu de* M_1R, *lire* M'_1R (M'_1 étant sur PQ et tel que $PM'_1 = PA$).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 OCTOBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes définies par les équations différentielles.* Note de M. **Jean Chazy.**

Poincaré a fait des courbes définies par les équations différentielles une étude célèbre, où notamment il a étudié des points singuliers devenus classiques sous le nom de nœuds, de cols et de foyers. Il n'a peut-être pas été signalé que l'on rencontre respectivement un nœud et un foyer dans deux théories qui sont en quelque sorte à la frontière du domaine d'enseignement de la Mécanique.

Hodographes de la courbe balistique. — Les hodographes de la courbe balistique sont déterminés par l'équation différentielle en coordonnées polaires

$$(1)\qquad \frac{dv}{d\alpha} = v\,\frac{\varphi(v)+\sin\alpha}{\cos\alpha};$$

v désigne la valeur absolue de la vitesse du projectile; α, l'angle de cette vitesse avec l'axe polaire horizontal Ox. La résistance de l'air est opposée à la vitesse, et de valeur absolue $g\varphi(v)$ par unité de masse; on suppose que la fonction $\varphi(v)$ et le quotient $[\varphi(v)]/v$ croissent constamment et indéfiniment avec v, et même que le numérateur de la dérivée de ce quotient, $v\varphi'(v)-\varphi(v)$, est positif : hypothèses bien entendu trop simples. Désignons par λ la racine de l'équation $\varphi(\lambda)=1$, c'est-à-dire la vitesse pour laquelle la résistance de l'air est en valeur absolue égale au poids.

Dans le demi-plan $-\pi/2 \leqq \alpha \leqq \pi/2$, on est conduit à considérer la courbe d'équation

$$\varphi(v)+\sin\alpha = 0,$$

soit C, à la traversée de laquelle correspondent un minimum de la vitesse du projectile et un point d'inflexion de l'hodographe. La courbe C part du pôle O et aboutit sur l'axe Oy au point $v=\lambda$, $\alpha=-\pi/2$, soit L. Tous les hodographes suivis dans le sens du mouvement, et traversant ou non la

courbe C, aboutissent au point L, et ce point correspond dans le mouvement à la valeur infinie du temps.

Pour étudier la forme des hodographes à l'arrivée au point L, faisons le changement de variables $v=\lambda+u$, $\alpha=-\pi/2+\theta$, de sorte que u et θ sont analogues à des coordonnées cartésiennes rectangulaires d'origine L. L'équation différentielle (1) devient

$$\frac{du}{d\theta}=(\lambda+u)\frac{\left[\varphi(\lambda)+u\varphi'(\lambda)+\ldots-1+\frac{\theta^2}{2}\cdots\right]}{\theta+\ldots}=\lambda\varphi'(\lambda)\frac{u+\ldots}{\theta+\ldots},$$

les termes non écrits étant d'ordre 2 au moins en u et θ le point $u=0$, $\theta=0$ est un point singulier de l'équation obteuue. Et, puisqu'on a $\lambda\varphi'(\lambda)>\varphi(\lambda)=1$, *ce point singulier est un nœud;* et, sauf la droite Oy, les courbes intégrales ont à l'arrivée au point L, la même allure, ou du moins la même tangente, que les courbes d'équation

$$u=C\theta^{\lambda\varphi'(\lambda)},$$

C désignant une constante arbitraire. Donc *les hodographes* sont *au point* L, *sauf la droite* Oy, tangents à la courbe $u=0$, c'est-à-dire *ont une tangente horizontale.*

Hodographes du saut à skis. — On admet [1] que, dans le saut à skis, le skieur est soumis, en outre de son poids, à une résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse, de valeur absolue kgv^2 par unité de masse, mais qui, au lieu d'être opposée à la vitesse, fait avec celle-ci un angle de $+3\pi/4$ selon les notations du problème précédent. Les hodographes ont ainsi pour équation différentielle en coordonnées polaires

$$(2)\qquad \frac{dv}{d\alpha}=v\frac{\frac{k}{\sqrt{2}}v^2+\sin\alpha}{-\frac{k}{\sqrt{2}}v^2+\cos\alpha}.$$

On simplifie l'étude de l'équation (2) en faisant le changement de variable $(k/\sqrt{2})v^2=u$, et en traçant, au lieu des hodographes, les courbes intégrales, soit K, de l'équation transformée

$$(3)\qquad \frac{du}{d\alpha}=2u\frac{u+\sin\alpha}{-u+\cos\alpha}.$$

Le tracé des courbes K est simple, car les courbes sur lesquelles change le signe de la dérivée $du/d\alpha$ sont simples. La courbe $u+\sin\alpha=0$, circonférence de diamètre OA $=1$, tangente en O à Ox au-dessous de Ox, soit C_1, correspond aux maxima et minima de la vitesse du skieur. La courbe

(1) *Cf.* Henri Béghin, *Cours de Mécanique de l'École Polytechnique.*

$u - \cos\alpha = 0$, circonférence de diamètre $OB = 1$, tangente en O à Oy, soit C_2, correspond à des points des courbes K où la tangente passe en O, et à des points d'inflexion de la trajectoire du skieur. La droite $\alpha = -\pi/4$, qui passe au second point d'intersection des circonférences C_1 et C_2, soit L, de coordonnées $u = 1/\sqrt{2}$, $\alpha = -\pi/4$, et la droite ALB, correspondent respectivement à des instants du mouvement où la composante horizontale ou la composante verticale de la vitesse du skieur est maxima ou minima, et à une tangente verticale ou horizontale de l'hodographe.

Pour étudier les courbes K au voisinage du point L, faisons le nouveau changement de variables $u = (1 + z)/\sqrt{2}$, $\alpha = -(\pi/4) + \theta$, de sorte que z et θ sont analogues à des coordonnées cartésiennes rectangulaires d'origine L. L'équation (3) devient

$$\frac{dz}{d\theta} = 2(1+z)\frac{1 + z - \cos\theta + \sin\theta}{-1 - z + \cos\theta + \sin\theta} = 2\frac{z + \theta + \ldots}{-z + \theta + \ldots},$$

si l'on réduit le numérateur et le dénominateur à leurs termes linéaires en z et θ. Le point $z = 0$, $\theta = 0$ est un point singulier de l'équation obtenue, et l'équation en S relative à ce point est

$$(S - 1)(S - 2) + 2 = 0, \qquad \text{ou} \qquad S = \frac{3 \pm i\sqrt{7}}{2}:$$

donc *ce point singulier est un foyer*. Par suite, les courbes intégrales K s'enroulent asymptotiquement dans le sens positif autour du point L avec l'allure de spirales logarithmiques.

Nécessairement les hodographes, selon l'équation (2), présentent de même un foyer au point $v = 1/\sqrt{k}$, $\alpha = -\pi/4$, et la même allure autour de ce foyer.

Il résulte que chaque trajectoire du skieur présente une infinité de maxima et de minima de la vitesse, et une infinité de points d'inflexion. Quand la courbe K s'enroule indéfiniment autour du foyer L, le temps croît indéfiniment, *et la trajectoire du skieur présente une branche infinie, avec asymptote parallèle à la droite $\alpha = -\pi/4$, sur laquelle la résistance de l'air tend à devenir verticale ascendante et à équilibrer le poids.*

M. M. Caullery s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un livre que je viens de publier : *Biologie des Jumeaux; polyembryonie et gémellité* (1). Dans le cadre des problèmes actuels de la biologie générale et plus spécialement de ceux de l'hérédité, les données relatives aux jumeaux et à la polyembryonie ont acquis

(1) *Presses universitaires de France* (Collection *La Science vivante*, n° 6, 1945, 168 pages, avec figures, 19^{cm}).

un intérêt tout particulier. J'ai essayé, dans cet ouvrage, d'en faire une revue d'ensemble accessible à de nombreux lecteurs et embrassant à la fois la gémellité normale et la gémellité tératologique.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Chimie agricole et biologique du Conservatoire National des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Jean Lavollay* obtient 22 suffrages contre 18 à M. *Désiré Leroux*.

Pour la seconde ligne, M. *Désiré Leroux* obtient 36 suffrages contre 1 à M. *Raymond Guillemet*; il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Jean Lavollay**.
En seconde ligne .... M. **Désiré Leroux**.

M. le **Ministre de l'Education Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste d'Astronome titulaire vacant à l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de l'état de surface sur le résultat des mesures de dureté sous faible charge*. Note de MM. **Paul Bastien** et **Anatole Popoff**, présentée par M. Léon Guillet.

Dans les mesures de dureté, exécutées sous faible charge avec un corps d'empreinte ou de contact de petites dimensions, notamment pour déterminer de façon correcte la dureté de tôles ou de feuilles métalliques minces, de couches peu épaisses telles que dépôts électrolytiques, films cémentés ou nitrurés, l'état géométrique et physicochimique de la surface intervient.

Nous nous sommes proposé de rechercher l'importance de l'état géométrique de surface avec les principales méthodes de mesure des duretés superficielles par détermination d'une durée d'oscillations (pendule Herbert), des dimensions d'une empreinte (diamant Vickers) et de l'enfoncement d'un pénétrateur (diamant du microduromètre E. P.).

Dans le problème des mesures de dureté sous faibles charges, l'opérateur peut se proposer soit d'effectuer des mesures indépendantes de l'état géométrique de surface et d'obtenir un résultat caractérisant le métal, soit de réaliser des mesures ayant au contraire pour but de qualifier cet état, pour un métal donné. Les conclusions générales de notre étude relative à deux métaux de duretés très différentes (acier extradoux recuit

et acier à coupe rapide trempé) et à deux états de surface, obtenus l'un par passage sur un papier émeri dont la grosseur moyenne des grains d'abrasif était de $0^{mm},6$, et l'autre par polissage micrographique, sont les suivantes :

a. Mesures indépendantes de l'état géométrique de surface. — 1° La méthode par oscillations (¹) donne des résultats précis et indépendants de l'état géométrique de surface lorsque l'essai est effectué sur un métal suffisamment mou pour que les stries soient effacées par les mouvements de la bille du pendule; bien que l'essai soit très superficiel, la dispersion reste limitée (écarts quadratiques de l'ordre de 1 à 3 %);

2° Par détermination des dimensions d'une empreinte, on peut obtenir des valeurs indépendantes de l'état de surface à condition de proportionner les dimensions de l'empreinte, par action sur la charge, à l'importance des irrégularités de surface; l'essai, dans ces conditions, est nettement moins superficiel que précédemment : pour l'acier extradoux recuit et 4^{kg} de charge, on a 40μ de pénétration avec le diamant Vickers, contre 25μ avec le pendule Herbert; dans le cas de l'acier à coupe rapide trempé, la profondeur de l'empreinte Herbert est certainement inférieure à $1/10\mu$ et le contact est surtout élastique.

3° Les déterminations par mesure de l'enfoncement d'un pénétrateur sont sujettes à caution dans tous les cas où les essais sont à faire sur un métal dur ou non poli (surface striée par usinage ou abrasion, corrodée, etc.), surtout lorsque la charge initiale appliquée au pénétrateur est faible.

b. Mesures fonctions de l'état de surface. — 1° La méthode pendulaire, donnant des mesures peu dispersées, n'intéressant qu'une profondeur très limitée de métal, est destinée à rendre des services pour l'étude des états de surface. Elle permet de saisir de faibles modifications physico-chimiques de l'état de surface (films décarburés, trempés, nitrurés, écrouis etc.). A. Pomp et H. Schweinitz (²) ont montré que la bille du pendule Herbert roule et ne glisse pas, dans les conditions normales d'application, sur une surface métallique. Ceci toutefois ne concerne qu'une surface propre et nous avons trouvé notamment que la présence d'un film d'huile à la surface d'un acier extradoux recuit peut être mise en évidence avec sensibilité par cette méthode.

2° La méthode pendulaire, appliquée, pour un métal donné, à des surfaces régulièrement striées, donne des résultats fonctions de l'état géométrique de surface, à condition que le métal de base soit suffisamment dur pour que la bille n'écrase pas les stries dès ses premières oscillations. Pour

---

(¹) Mesure de la durée de dix oscillations de faible amplitude.

(²) *Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung*, 6, 1926, pp. 79-100.

maintenir la dispersion dans des limites acceptables, le plan d'oscillation du pendule doit être parallèle à la direction des stries [3].

Enfin nous signalons que nous avons mis en évidence, sur des gammes de tôles écrouies en acier extradoux, l'existence de deux duretés Herbert, $H_{\parallel}$ et $H_{\perp}$, différentes suivant que le plan d'oscillation du pendule est parallèle ou perpendiculaire à la direction du laminage; nous avons montré que l'écart $H_{\perp} - H_{\parallel}$ n'est pas dû à un état de surface anisotrope, mais qu'il s'agit d'un effet intéressant la masse des cristaux et se manifestant également sur une surface polie spéculairement ou à mi-épaisseur du métal. Nous poursuivons l'étude de cet effet.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Étude du mouvement séculaire du pôle terrestre dans le cas de résonance.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Chazy.

Reprenons les notations utilisées dans une précédente Note [1], et étudions le cas, appelé cas de résonance initiale, où la colatitude initiale ε_0 du point m vérifie la condition

$$\nu = \omega_1 \cos\varepsilon_0,$$

où ν est une des fréquences des perturbations séculaires de l'écliptique.

1. Je réduis le second membre des équations (4) aux termes d'argument $\nu t - \theta + \mu$ et je pose

$$w = \nu t - \theta + \mu, \qquad x = \cos\varepsilon_0 - \cos\varepsilon.$$

Le mouvement séculaire du pôle est défini par le système

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{d\xi}{dt} = -\mathrm{M}\omega_1\cos^2\varepsilon_0\cos w, & \dfrac{d\eta}{dt} = -\mathrm{M}\omega_1\cos^2\varepsilon_0\sin w, \\[2mm] \dfrac{dw}{dt} = \omega_1 x, & \dfrac{dx}{dt} = -\mathrm{M}\omega_1\cos\varepsilon_0[\xi\cos w + \eta\sin w]. \end{cases}$$

L'élimination de ξ, η, w conduit à l'équation en x

$$\omega_1^2\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = -\frac{1}{4}x^4 - \mathrm{M}\sin\varepsilon_0\cos\varepsilon_0\sin(\lambda_0 - \mu)x^2 + 2\mathrm{M}^2\cos^3\varepsilon_0 x + \mathrm{M}^2\sin^2\varepsilon_0\cos^2\varepsilon_0\cos^2(\lambda_0 - \mu),$$

où λ_0 est la longitude initiale de m. On obtient x par une intégrale elliptique, puis les coordonnées ε et λ par intégrations :

$$(2)\quad \begin{cases} \theta = \dfrac{\pi}{2} + \mu - \lambda_0 + \omega_1 t\cos\varepsilon_0 - \varphi, \qquad \operatorname{tang}\dfrac{\varphi}{2} = \operatorname{tang}\left[\dfrac{\pi}{4} - \dfrac{\lambda_0 - \mu}{2}\right]\operatorname{cn} ht, \\[2mm] \sin\varepsilon\cos(\lambda - \lambda_0) = \sin\varepsilon_0 - m\cos(\lambda_0 - \mu)\dfrac{\operatorname{sn} ht}{\operatorname{dn} ht}, \\[2mm] \sin\varepsilon\sin(\lambda - \lambda_0) = 2m\left[\mathrm{Z}(ht) - \dfrac{\operatorname{cn} ht}{\operatorname{sn} ht\operatorname{dn} ht}\right], \\[2mm] \cos\varepsilon = \cos\varepsilon_0 + m\operatorname{tang}\varepsilon_0\cos(\lambda_0 - \mu)\dfrac{\operatorname{sn} ht}{\operatorname{dn} ht}, \end{cases}$$

---

[3] L'écart quadratique des mesures est alors de l'ordre de 3 %.

[1] *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 107.

où

$$h = \omega_1 \sqrt{M} \cos^{\frac{1}{2}} \varepsilon_0 \sin^{\frac{1}{2}} \varepsilon_0, \qquad m = \sqrt{M} \cos^{\frac{3}{2}} \varepsilon_0 \operatorname{cosec}^{\frac{1}{2}} \varepsilon_0,$$

et où les fonctions elliptiques sont relatives au module

$$K = \sin\left[\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda_0 - M}{2}\right].$$

Le mouvement de m est périodique et l'amplitude de la variation de ε est

$$4\sqrt{M} \cot^{\frac{1}{2}} \varepsilon_0 \sin\left[\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda_0 - \mu}{2}\right];$$

elle est beaucoup plus grande que dans le cas de non-résonance.

2. Les formules (2) ne conviennent pas au cas où l'on a

$$\lambda_0 - \mu = -\frac{\pi}{2}.$$

L'intégrale est alors représentée par

$$(3) \quad \begin{cases} \xi = -2m \operatorname{th} h(t - t_1), \qquad \eta = \sin\varepsilon_0 + \dfrac{2m}{\operatorname{ch} h(t - t_1)}, \qquad \zeta = \cos\varepsilon_0 - \dfrac{2m \operatorname{tang}\varepsilon_0}{\operatorname{ch} h(t - t_1)}, \\ \theta = \omega_1 t \cos\varepsilon_0 + \mu - w, \qquad \operatorname{tang}\dfrac{w}{2} = \operatorname{sh} h(t - t_1), \end{cases}$$

où t_1 est arbitraire. ε passe par un maximum ε_1,

$$\cos\varepsilon_1 = \cos\varepsilon_0 - 2m \operatorname{tang}\varepsilon_0,$$

pour $t = t_1$, et tend vers ε_0 lorsque t tend vers $\pm\infty$.

3. J'appelle cas de résonance différée celui où ε atteint la valeur de résonance ε_0 au cours du temps. Les formules qui définissent alors le mouvement se déduisent de (2) par addition d'une constante à t et, pour que l'on se trouve dans ce cas, il faut et il suffit que la position initiale M_0 du pôle pour $t = 0$ se trouve dans la région de la sphère limitée par les courbes

$$x = P(u)\cos\mu - Q(u)\sin\mu,$$
$$y = P(u)\sin\mu + Q(u)\cos\mu,$$

où

$$P(u) = 2\,\frac{\operatorname{sh} u}{\operatorname{ch}^2 u}\,\sin\varepsilon_0 \mp 2m \operatorname{th} u,$$

$$Q(u) = \frac{1 - \operatorname{sh}^2 u}{\operatorname{ch} 2u}\sin\varepsilon_0 \mp \frac{2m}{\operatorname{ch} u}.$$

4. L'examen des valeurs des constantes M, ν, μ et de la position actuelle du pôle montre que celui-ci ne semble pas dans les conditions de résonance.

SPECTROSCOPIE. — *Dosage spectrographique de traces de mercure par la raie d'absorption* 2536 Å *dans l'ultraviolet.* Note de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons utilisé, pour déceler des traces de mercure, la raie d'absorption, très nette et très sensible, que présentent les vapeurs de cet élément à 2536 Å.

Le mercure, se trouvant sous la forme de chlorure en solution aqueuse, est déplacé sur une lame ou un fil spiralé en cuivre (1). Il est ensuite vaporisé par chauffage dans un tube à fenêtres de quartz à travers lequel passe un faisceau de lumière ultraviolette, au spectre continu, provenant d'une lampe à décharge électrique dans l'hydrogène raréfié.

On peut ainsi déceler 1 γ ($0^{mg},001$) de mercure à 50 % près et doser de 2 à 20 γ à 20 % près et de 20 à 100 γ à 15 % près.

Nous donnons ci-dessous les détails pour le dosage du mercure dans les urines.

L'urine (2) est préalablement minéralisée à l'acide chlorhydrique et au chlorate de potasse suivant la méthode de Vitte (3). Pendant l'ébullition, on a employé un réfrigérant ascendant efficace pour éviter les pertes de chlorure mercurique par entraînement avec la vapeur d'eau. La liqueur est ensuite neutralisée avec de la soude. On en prend une partie aliquote correspondant à 20^{cm^3} d'urine et on la verse dans une éprouvette étroite. On y ajoute $0^{cm^3},1$ d'acide chlorhydrique. (Tous les réactifs employés sont exempts de mercure.) On y place (4) une lame de cuivre propre, de 60×5^{mm} et de $0^{mm},1$ d'épaisseur, passée préalablement à la flamme d'un bec Bunsen pour chasser les traces de mercure qu'elle pouvait contenir, puis décapée à l'acide nitrique et bien lavée. On la laisse dans la liqueur pendant trois heures en agitant toutes les demi-heures. La lame est ensuite lavée sous un jet d'eau distillée, puis passée à l'alcool, enfin à l'éther, et séchée à la température de la salle.

On place ensuite la lame dans le tube-laboratoire (50^{cm} de long et 2^{cm} de diamètre intérieur) que l'on chauffe avec une rampe à gaz de 20^{cm} à l'endroit où se trouve la lame. Ce chauffage est commencé 15 secondes avant l'ouverture de la fente du spectrographe. Trois spectres sont ensuite pris successivement, par périodes de 20 secondes par exemple (5); ces temps

(1) Nous avons aussi employé l'électrolyse sous 4 volts et 0,05 ampère. La précipitation est plus rapide, mais l'appareillage plus compliqué.

(2) L'urine pour la minéralisation est employée telle que, ou après concentration par évaporation (de 100 à 20^{cm^3}), dans le cas où les quantités de mercure sont inférieures à $1\gamma/20^{cm^3}$ ou 0,050 mg/litre.

(3) Vitte, *Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Bordeaux, 1930.

(4) Pendant toute l'expérience, on doit éviter toute trace de mercure. Pour manipuler la lame de cuivre, on se sert d'une pince flambée.

(5) Cette façon d'opérer permet de se rendre compte, par la constance de l'intensité de la raie d'absorption obtenue sur le cliché, que l'évaporation du mercure a été complète.

de pose, dépendant des conditions photo-optiques expérimentales, sont fixés par des essais préalables de façon à obtenir sur la plaque photographique, pour la raie d'absorption, une opacité permettant des mesures photométriques correctes.

Sur le même cliché on prend, dans des conditions identiques, les spectres-étalons d'urines normales, exemptes de mercure, auxquelles on a ajouté, par 20^{cm^3}, 1, 5, 10 ou 20γ, par exemple, de mercure sous la forme de bichlorure. Ces urines sont traitées comme les urines inconnues.

L'intensité de la raie d'absorption, correspondant à l'urine analysée, est comparée au moyen d'un photomètre ou d'un microphotomètre enregistreur, aux intensités des raies-étalons, suivant les méthodes de photométrie photographique courantes.

La méthode est spécifique et permet de déceler jusqu'à $0,5\gamma$ ou $0^{mg},0005$ de mercure.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Observation de particules remarquables autres que des protons dans la partie pénétrante du rayonnement cosmique.* Note [1] de MM. **Louis Leprince-Ringuet**, **Michel Lhéritier** et **Robert Richard-Foy**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons indiqué [2] certains résultats obtenus au moyen d'une grande chambre de Wilson commandée par compteurs et relatifs à l'observation d'une certaine proportion de protons de grande énergie parmi l'ensemble des particules pénétrantes enregistrées. Dans la présente Note, qui complète la précédente, nous laissons de côté les trajectoires de nature protonique et nous examinons quelques autres clichés pour lesquels la mesure du rayon de courbure, jointe à l'estimation de l'ionisation, fournit des résultats intéressants.

A. Au delà du proton nous possédons les deux indications suivantes : Le cliché 5862-9 montre une particule traversant 3^{mm} de plomb et dont l'ionisation est de 2 à 3 fois plus importante que celle d'un proton de même courbure. Le cliché 8913 montre une remarquable trajectoire de 75^{cm} de long, nettement plus ionisante qu'un proton.

B. *Mésotons de masse* 240. — Cinq trajectoires de faible rayon de courbure, représentées sur la figure 1, sont attribuables à des mésotons de moment réduit, notablement inférieur à l'unité. Le 7537 et le 5362-8 sont remarquables, leur courbure étant mesurée de façon très précise. Il n'est pas étonnant que l'on trouve peu de trajectoires attribuables aux mésotons, la très grande majorité possédant des moments réduits très

---

(1) Séance du 9 juillet 1945.

(2) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 406.

supérieurs à l'unité, pour lesquels aucune estimation ne peut être faite.

C. En dehors de ces clichés remarquables un petit nombre d'autres

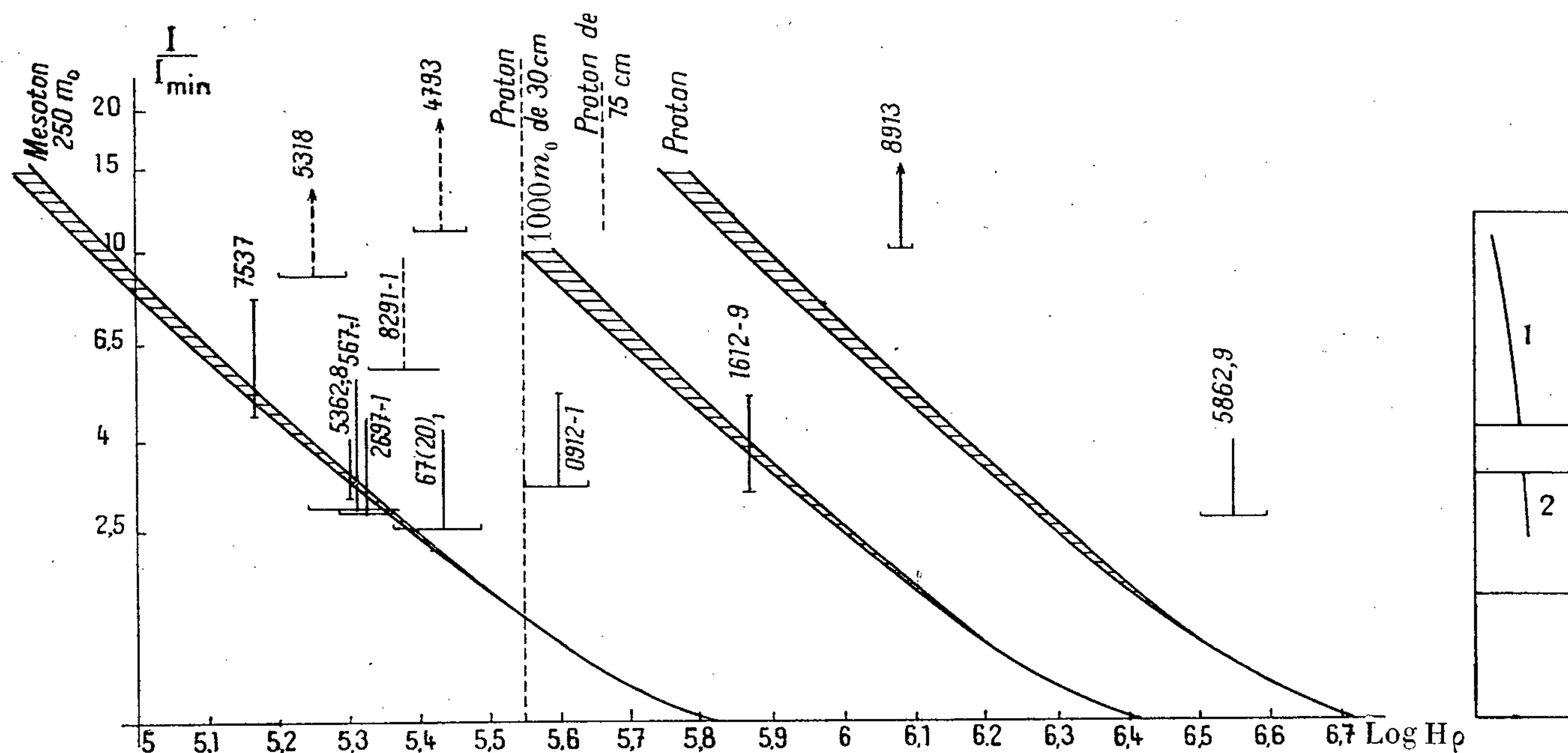


Fig. 1. Fig. 2.

présentent des trajectoires qui ne semblent pas pouvoir être identifiées ni avec des protons ni avec des mésotons de masse 240. Sur la figure 1 ces trajectoires portent les numéros 1612-9, 4793, 8291-1, 5318.

La première sort d'un écran de plomb de 3^{mm}, elle est légèrement continue, avec toutefois quelques granulations. Son ionisation ne peut dépasser 5 fois le minimum. Or le mésoton 240 de même courbure donne une ionisation voisine du minimum, et le proton 8 fois plus.

La seconde est très ionisante, parfaitement continue, sans granulation. Elle ne peut être celle d'un proton, son rayon de courbure étant nettement inférieur à celui d'un proton de 23^{cm} de long, longueur de la trajectoire observée. Elle ne peut être non plus celle d'un mésoton 240 dont l'ionisation ne serait que de 2,5 fois le minimum.

La troisième est aussi parfaitement continue, et se situe au delà du mésoton 240 dont l'ionisation serait seulement 4 fois le minimum. Le proton est aussi exclu à cause du faible rayon de courbure mesuré (on se trouve nettement à gauche du rayon de courbure correspondant au proton de 30^{cm}).

La quatrième se présente dans des conditions analogues : parfaitement continue, elle implique une ionisation supérieure à 4 fois le minimum, qui serait celle du mésoton de même courbure; le proton est exclu pour la même raison que précédemment.

L'ensemble de ces quatre trajectoires semble ne pouvoir s'interpréter *ni par des mésotons, ni par des protons* : une particule intermédiaire entre proton et mésoton expliquerait bien l'aspect de ces trajectoires.

Ces résultats sont à rapprocher de celui obtenu par collision publié par deux d'entre nous (³).

D. Un autre cliché mérite de retenir l'attention. Il est représenté sur la figure 2. La boîte séparant la chambre en deux parties contient un écran de plomb de 3^{mm} d'épaisseur et deux petits compteurs à parois minces, dont la coïncidence provoque la détente. Si les deux trajectoires sont celles d'un même rayon, ce dernier est chargé positivement; or, dans la partie 1, l'ionisation est voisine du minimum : on a $850\ \text{MeV} < 300\ H\rho_1 < 1000\ \text{MeV}$. La masse de 1 est *au plus* celle du proton.

Le rayon 2 a une trace parfaitement continue. On doit estimer son ionisation à au moins 6 fois le minimum. La limite inférieure du rayon de courbure donne $300\rho_2 < 300\ \text{MeV}$. Par suite, en supposant la charge unité, la masse de 2 est au minimum celle d'un proton. Si l'on admet que le rayon 1,2 est un proton, son moment réduit $P = pc/M_0c^2$ passe, à la traversée de l'écran, de 1 à 0,33; son énergie cinétique passe de 350 à 35 MeV. Or l'écran et les parois des compteurs ne devraient absorber que 50 MeV. Il s'ensuit que 250 MeV environ sur les 350 d'énergie cinétique sont absorbés par un autre processus que par ionisation et sans qu'apparaisse une particule ionisante. Cela est compatible avec l'émission d'un méson neutre, comme le prévoit la théorie de Heitler, Hamilton et Peng (⁴).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une loi de variation des rayons atomiques.* Note de MM. **G. E. Djounkovsky** et **S. Kavos**.

Notre représentation dans l'espace (¹) de la classification des éléments nous a mis sur la voie d'une loi de variation des diamètres atomiques.

En appelant r_k le rayon du niveau d'énergie K de l'élément, Z le nombre atomique, on obtient la relation expérimentale

$$(r_k)^2 Z = \text{const.}$$

Connaissant la valeur du diamètre du niveau énergétique K, on pourra définir le rayon atomique de l'élément, soit r_{at}, en tenant compte de la constance des rapports des différents niveaux d'énergie donnés par la relation

$$r_n = n^2 r_k.$$

En partant du rayon atomique du lithium 1,4 Å, déterminé par Bragg et confirmé par Goldschmidt et Pauling, nous déterminons par cette formule le rayon atomique du sodium.

(³) L. Leprince-Ringuet, et M. Lhéritier, *Comptes rendus*, **219**, p. 618, 1944.

(⁴) *Phys. Rev.*, **64**, 1943, p. 78.

(¹) G. E. Djounkovsky et S. Kavos, *Journal de physique et le Radium*, (8), **5**, mars 1944, p. 53.

Pour le lithium $(Z = 3)(n = 2)$

$$r_k = \frac{1,5\ \text{Å}}{n^2}, \qquad \text{d'où } r_k = 0,375\ \text{Å}$$

On en tire pour le sodium $(Z = 11)(n = 3)$

$$r_k = (0,375)^2 \times \frac{3}{11} = 0,195\ \text{Å}$$

et par suite

$$r_{at} = r_k n^2 = 0,195 \times 9 = 1,755\ \text{Å};$$

or le rayon atomique donné par Bragg est $r = 1,77$ Å.

De même, si l'on part du rayon atomique du carbone, on trouve successivement, dans la même série horizontale,

$$r_{at} = 0,77\ \text{Å}.$$

			Valeurs de Pauling.
		Å	Å
N.................	$r_{at} = \sqrt{\frac{(0,77)^2 \times 6}{7}} = 0,5082$	$= 0,71$	0,70
O.................	$r_{at} = \sqrt{\frac{(0,77)^2 \times 6}{8}} = 0,4446$	$= 0,66$	0,66
F.................	$r_{at} = \sqrt{\frac{(0,77)^2 \times 6}{9}} = 0,3952$	$= 0,63$	0,64

pour Ne on trouverait $r_{at} = 0,60$ Å.

Si l'on part du rayon atomique du fer ($r = 1,40$ Å), on trouve :

			Valeurs de Pauling.
		Å	Å
Co.................	$r_{at} = \sqrt{(1,4)^2 \times \frac{26}{27}} = 1,88$	$= 1,375$	1,375
Ni.................	$r_{at} = \sqrt{(1,4)^2 \times \frac{26}{28}} = 1,82$	$= 1,35$	1,35
Cu.................	$r_{at} = \sqrt{(1,4)^2 \times \frac{26}{29}} = 1,75$	$= 1,325$	1,375
Zn.................	$r_{at} = \sqrt{(1,4)^2 \times \frac{26}{30}} = 1,698$	$= 1,305$	1,325

En même temps, en multiplant le rayon atomique d'un élément à l'état normal par le rapport $(n - 1/n)^2$, dans lequel n représente la valeur du nombre quantique principal de l'élément considéré, nous exprimons le rayon de l'atome à l'état d'ion positif avec la valence maxima.

Ainsi le rayon ionique de l'aluminium Al^{+++}, dont la couche extérieure de l'atome normal a pour nombre quantique principal $n = 3$, sera

$$r_{Al^{+++}} = 1,21\ \text{Å} \times \frac{4}{9} = 0,54\ \text{Å}.$$

Pour le plomb, dont la courbe extérieure a pour ce nombre quantique principal $n = 6$,

$$r_{Pb^{++}} = 1,52\,\text{Å} \times \frac{25}{36} = 1,26\,\text{Å}.$$

Les chiffres calculés par notre formule s'intercalent entre ceux donnés par Goldschmidt en 1926 et ceux donnés par Pauling en 1943 :

	Aluminium.	Plomb.
	Å	Å
Goldschmidt	0,57	1,32
Pauling	0,50	1,21
Djounkovsky et Kavos	0,54	1,26

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les limites d'inflammabilité des mélanges d'acétylène et d'air. Influence de l'état de la paroi.* Note de MM. **Guy Pannetier** et **Paul Laffitte**.

La détermination des limites d'inflammabilité des mélanges d'acétylène et d'air sous la pression atmosphérique a fait l'objet de nombreuses mesures depuis celles de H. Le Chatelier (1) jusqu'à celles de A. G. White (2). Celui-ci a expliqué les raisons des divergences des expérimentateurs qui l'ont précédé et a donné des valeurs pouvant sembler définitives. Cependant, si l'on examine ces dernières, on constate que, pour un tube donné et pour la limite supérieure, il y a des différences anormalement importantes entre les résultats obtenus en propagation ascendante et en propagation descendante (70 % de C^2H^2 dans le premier cas et 55 % dans le second pour un tube de 25^{mm} de diamètre). Les explications qu'il en donne (courants de convection, grande sensibilité de l'acétylène à la compression) ne nous ayant pas paru suffisamment satisfaisantes, nous avons repris l'étude de cette question.

Nous sommes ainsi arrivés à mettre en évidence la très grande influence de l'état de la paroi sur la valeur des limites supérieures d'inflammabilité. D'une manière plus précise, celles-ci dépendent de l'histoire antérieure de la paroi interne du tube de verre dans lequel on fait les mesures (le mélange précédent s'est enflammé ou non; nombre d'expériences positives ayant été réalisées dans le tube; temps écoulé depuis l'expérience précédente; traitement de la paroi par des réactifs chimiques etc.). En fait la limite supérieure d'inflammabilité peut évoluer entre deux valeurs extrêmes dont la différence varie en raison inverse du calibre du tube. Ces deux valeurs correspondent à des états de parois différents, mais définis. Cependant, si aucune précaution n'est prise à leur sujet, on obtient

(1) *Comptes rendus*, **121**, 1895, p. 1144.

(2) *Journ. Chem. Soc.*, **125**, 1924, p. 2387.

pour la limite supérieure une valeur quelconque comprise entre ces deux limites extrêmes.

Considérons, par exemple, un tube de 15mm de diamètre intérieur n'ayant jamais servi et dans lequel on se propose de déterminer la limite supérieure dans le cas de la propagation ascendante de la flamme. Le mélange étudié et préalablement bien homogénéisé ([3]) est admis dans le tube, où l'on a réalisé un vide de 10^{-3} à 10^{-4} mm de mercure. Après chaque inflammation, le tube est nettoyé à l'aide d'un écouvillon sec, de manière à enlever l'abondant dépôt de noir de fumée adhérant aux parois. On trouve, par exemple, une limite de 57 %, et cette valeur peut être reproduite plusieurs fois. Mais, après un certain nombre d'expériences, on constate qu'un mélange, par exemple à 58 % d'acétylène, qui ne s'enflammait précédemment pas, s'enflamme alors et l'on trouve une limite plus élevée. En continuant de telles séries d'expériences on arrive à une limite maximum A (62,2 % de C^2H^2) parfaitement définie. Mais, si l'on renouvelle pendant un certain temps les expériences destinées à l'encadrer, on constate que l'on ne peut plus cette fois enflammer les mélanges voisins de A qui s'enflammaient précédemment : il faut descendre jusqu'à 55 % d'acétylène pour obtenir une flamme. Puis à nouveau ce même mélange, admis dans le tube, ne s'enflamme plus, et ainsi de suite. Finalement on trouve une nouvelle limite (limite supérieure minimum B) moins nette que A. Si d'autre part, et après avoir dépassé la limite A, on lave après chaque expérience le tube au mélange sulfochromique, puis à l'eau distillée, et si l'on y fait le vide pendant au moins deux heures, on retrouve la limite A. Enfin, si, après avoir obtenu cette limite A, on abandonne le tube plein de noir d'acétylène pendant au moins trois jours, on obtient la limite B.

Bien d'autres observations ont été faites sur l'influence de l'histoire antérieure de la paroi du tube sur les résultats obtenus, mais nous ne pouvons les citer ici. Nous nous bornons à donner ci-dessous les valeurs obtenues pour les *limites supérieures* (C^2H^2 %) dans le cas des propagations ascendante, descendante et horizontale dans des tubes de verre pyrex de 10, 15, 20 et 25mm de diamètre intérieur :

	Progagation					
	ascendante.		descendante.		horizontale.	
Diamètre (mm.).	A.	B.	A.	B.	A.	B.
10	61,4	45	53,7	41	–	45
15	62,2	48	58,3	45	61,1	48
20	62,8	51	60,7	49	62,4	51
25	63,0	54	62,1	53	62,7	54

On voit la grande différence qu'il y a entre les deux valeurs A et B de la limite supérieure, différence pouvant dépasser 25 % d'acétylène par rapport à la concentration de ce gaz dans le mélange A.

Nous avons aussi étudié l'influence de l'*acétone* sur la limite supérieure d'inflammabilité des mélanges d'acétylène et d'air. On obtient qualitativement des résultats tout à fait semblables, mais la différence entre

([3]) G. PANNETIER, *Chim. et Ind.*, 53, 1945, p. 319.

les deux valeurs extrêmes (A et B) est bien plus faible que dans le cas de l'acétylène pur, même pour de très petits pourcentages d'acétone.

Enfin, pour les *limites inférieures* des mélanges d'air et d'acétylène pur, on obtient des résultats parfaitement reproductibles, sans que l'on observe aucune influence de l'état de la paroi. Les valeurs obtenues (C^2H^2 %) sont les suivantes :

Diamètre (mm.).	Propagation ascendante.	descendante.	horizontale.
15	3,09	3,24	3,25
20	3,07	3,20	3,25
25	3,03	3,17	3,25

La présence d'acétone dans le mélange ne modifie que très peu la valeur de ces limites inférieures.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les préparations de ferro- et de ferrichlorures de césium. Tentative de préparations de divers organométalliques trihalogénés du fer.* Note de M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'obtenir les divers ferro- et ferrichlorures de césium, Walden (1) ainsi que E. Wilke-Dörfurt et G. Hyne (2) mélangent simplement des solutions de sels de fer et de césium en quantités correspondantes et abandonnent jusqu'à cristallisation. Évidemment les produits obtenus dans ces conditions sont souillés d'impuretés et rien ne prouve l'existence de sels définis.

Aussi, pour éviter ces inconvénients, avons-nous appliqué la méthode de précipitation par l'alcool ou par l'acide chlorhydrique, suivant le cas. Dans ces conditions on obtient des sels doubles parfaitement purs, vérifiés par analyse.

Les préparations, réalisées par E. Wilke-Dörfurt et G. Hyne, avaient pour but de préciser les conditions de formation et les limites de stabilité des sels en question; ceci en vue de déterminer si la formation de sels doubles avec Cl^2Fe peut expliquer la localisation des sels de rubidium et de césium dans la carnallite, plutôt que dans tout autre sel de potassium des dépôts naturels.

Préparation de $Cl^2Fe.2\,ClCs$. — Additionner, à une solution concentrée et légèrement acide de Cl^2Fe, une solution de ClCs également concentrée et acide. Dans ces conditions il ne se produit pas de précipitation. Mais, si l'on ajoute de l'alcool à 90°, il précipite un sel, dont la composition centésimale correspond à $Cl^2Fe.2\,ClCs$. Le précipité, essoré sur un filtre

(1) *Z. anorg. Chem.*, 7, 1894, p. 331.
(2) *Ber. d. Chem. Ges.*, 45, 1912, p. 1012.

en verre n° 4, est lavé avec de l'alcool acidulé par l'acide (ClH 5 %). Le sel est séché d'abord sous le vide dans un dessiccateur à l'acide sulfurique jusqu'à poids constant (10 jours) et ensuite à l'étuve à 180°.

Quand le sel est encore humide, éviter la dessiccation à l'étuve qui produirait une oxydation du fer. Les différences de poids des sels séchés sous le vide et à l'étuve à 180° sont très faibles.

$Cl^2Fe.2\,ClCs$ est une poudre blanche, soluble dans l'eau avec hydrolyse.

Préparation de $Cl^2Fe.ClCs$. — Le sel précédent, dissous dans une petite quantité d'eau additionnée d'acide chlorhydrique, laisse précipiter le sel $Cl^2Fe.ClCs$. Après avoir séparé le sel de ses eaux mères, on opère comme ci-dessus. Le sel ainsi préparé est de couleur légèrement verdâtre.

Le chlorure ferreux semble ne pas donner, dans les mêmes conditions, des sels doubles avec les sels ClLi, ClNa et ClK.

$Cl^2Fe.ClCs$ est soluble dans l'eau avec une légère hydrolyse, provoquant une précipitation d'hydroxyde ferreux que l'on peut éliminer par filtration répétée (3 ou 4 fois). La solution possède une coloration jaune orangé; son pH est 5.

Avec ce sel nous avons tenté de préparer l'alcoyltrichlorure ferreux RCl^3Fe, par application de la méthode générale de synthèse, déjà exposée ([3]). Cette méthode n'avait jusqu'ici été appliquée que dans le cas où l'atome central pourrait affecter les valences 2 et 4 (Ge, Sn, Pb).

Faisant agir à des températures allant de 150 à 240°, en tube scellé, le sel anhydre $[Cl^3Fe^{++}]^-Cs^+$ sur l'iodure de méthyle ou d'éthyle, nous avons observé qu'aucune réaction n'avait lieu entre ces deux corps, si ce n'est la décomposition de l'iodure de méthyle ou d'éthyle.

Cette inertie du chloroferrite de césium, vis-à-vis des iodures alcoyles, peut être attribuée au fait que le fer ne peut affecter que les électrovalences 2 et 3. Ceci semblerait confirmer l'hypothèse que j'ai émise, que cette méthode ne pourrait être appliquée qu'aux métaux présentant les électrovalences 2 et 4.

Le fait que l'atome central soit capable de donner un complexe de la forme $[M^{++}X^3]^-$ $[\text{Alcalin}]^+$ est donc une condition nécessaire, mais non suffisante pour passer aux organométalliques.

$Cl^3Fe.2\,ClCs$. — La solution concentrée de chlorure ferrique, légèrement acidifiée par de l'acide chlorhydrique, donne, avec une solution de chlorure de césium, également concentrée, un précipité cristallin de couleur rouge.

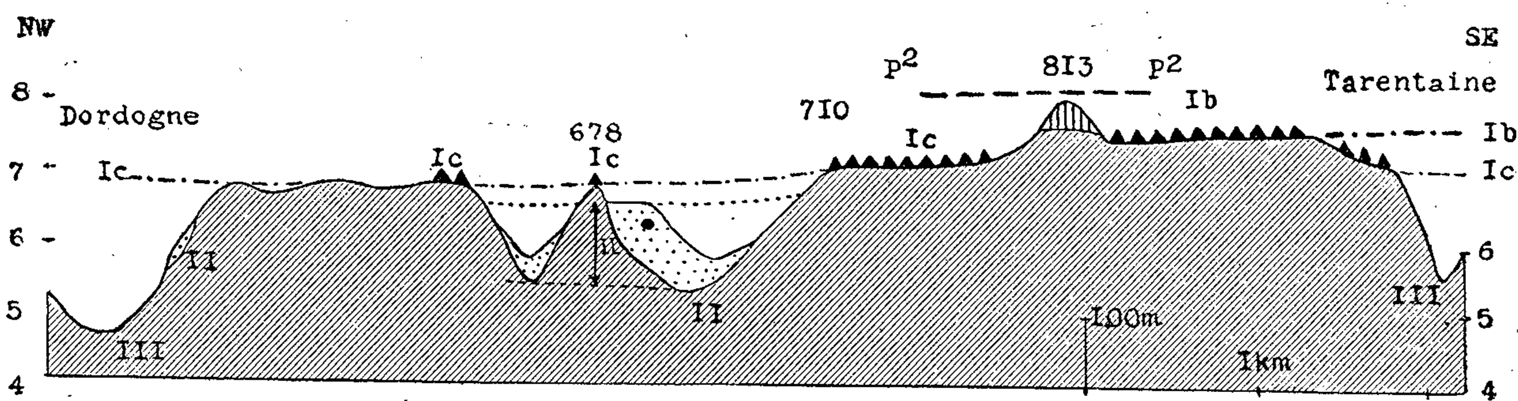
Le précipité, isolé par filtration sur un filtre en verre, est lavé à l'acide chlorhydrique concentré, séché d'abord dans le vide et ensuite à l'étuve à 180°, jusqu'à poids constant. Sa composition correspond à la formule $Cl^3Fe.2\,ClCs$. Il est soluble dans l'eau sans décomposition.

([3]) A. Tchakirian et M. Lewinsohn, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 835; A. Tchakirian, M. Lesbre et M. Lewinsohn, *ibid.*, **202**, 1936, p. 138; M. Lesbre, *ibid.*, **204**, 1937, p. 1822.

GÉOLOGIE. — *Quaternaire et Glaciaire du versant Sud des Monts-Dore et de l'Artense.* Note de M. **Louis Glangeaud.**

Une révision détaillée de la région située entre les Monts-Dore, la Rhue et la Sumène, nous a fait découvrir de nombreux dépôts glaciaires. Les uns ne sont pas indiqués sur la feuille de Mauriac (1re édition). D'autres sont représentés inexactement avec le figuré du basalte des plateaux ou celui des brèches andésitiques. L'évolution complexe de cette région, au cours du Quaternaire, a donné lieu, depuis les travaux de Boule, de Philippe Glangeaud et de M. Arbos, aux interprétations divergentes de Mlle Boisse de Black (quatre glaciations), de M. Meynier (une glaciation) et de M. A. Durand. Nous avons pu distinguer nettement deux glaciations : l'une au début, l'autre à la fin de l'évolution quaternaire. Elles sont séparées par une longue phase de creusement, suivie d'un remblaiement non moins important. Nous nommerons ce cycle creusement-remblaiement, s'intercalant entre les deux glaciations quaternaires, la *phase du Lanobre.*

I. *Glaciaire des Plateaux.* — Le *Glaciaire des Plateaux* est la formation quaternaire la plus ancienne qui puisse être observée dans la région. Il est non seulement antérieur aux vallées actuelles, mais aussi aux vallées de la phase du Lanobre. Au moment de leur extension maximum, les apophyses (stroem) des calottes glaciaires des Monts-Dore et du Cantal convergeaient dans la région de Bort, entre Saignes et Lanobre, vers une surface d'épandage et d'érosion commune où elles formaient un piedmont glacier. Nous la nommerons *surface du Puy-Morel* (I*a*). Elle apparaît dans ce territoire entre 590 et 690m d'altitude (200m au-dessus du confluent Dordogne-Rhue), en contrebas des surfaces du Pliocène supérieur (p^2 et ligne de tiret sur la figure). Entre les paquets de moraines et les blocs erratiques,



dans l'Artense et la Ribière, on y observe de remarquables formes d'érosion glaciaires (buttes moutonnées, étangs etc.). La surface glaciaire de Puy-Morel et les moraines correspondantes marquent l'extension maximum du piedmont glacier alimenté par les stroems du Glaciaire des Plateaux.

Après le stade du Puy-Morel, la quantité d'éléments granitiques et gneissiques augmente dans les apports morainiques. En même temps, les moraines frontales reculent en abandonnant des vallums successifs

dans l'Artense, au sud-ouest du Mont-Dore et dans la région de Laqueille. Ce sont les moraines de retrait (triangles sur la figure) de la Malboudie et d'Aulnat, au voisinage de 880^{m} d'altitude et celles de Monsernie et de Fareyrol au voisinage de 750^{m}. Les dépôts fluvio-glaciaires correspondants commencent à s'enfoncer dans les vallées qui vont s'approfondir au cours de la phase du Lanobre. Ils sont contemporains du début de cette phase.

II. *Phase du Lanobre.* — Après la légère oscillation positive (I*c*) de Fareyrol, le glaciaire disparaît complètement et les vallées du Lanobre se creusent rapidement. Ces vallées étaient aussi abruptes et aiguës que les vallées actuelles de la région de Bort. Elles formaient un réseau qui, en de nombreux tronçons, est complètement indépendant du réseau actuel. C'est le cas, en amont de Bort, pour le tronçon de la Dordogne qui passait par Mouleyre et Siauve, pour la vallée remblayée entre Saint-Thomas, Madic et Ydes, pour la Tialle (II sur la figure) entre Estour et la Serre, pour la Rhue entre Champs et Embort, pour la Tarentaine au sud de Champs et, sur la feuille d'Ussel, pour les vallées remblayées de Méjanesse et Pontvieux. La Dordogne s'est enfoncée vers Beaulieu pendant la phase du Lanobre de plus de 150^{m} par rapport à son altitude au stade I*c*. Son lit était descendu d'une altitude relative de 185^{m} à l'altitude relative de 35^{m} par rapport à la Dordogne actuelle.

Les vallées furent ensuite comblées dans la région du Lanobre, par une formation de sables et graviers (II), surmontés de strates à galets, et couronnés par places par des sables éoliens et de fines argiles marécageuses. La formation du Lanobre (en pointillé sur la figure) a été traversée sur 112^{m} d'épaisseur (de 597 à 485^{m} d'altitude) pour un des sondages de Mouleyre (renseignements de M. Riquois et de M. E. Bonnet). Elle offre, à sa partie supérieure, une remarquable surface de remblaiement (ligne en pointillés), au voisinage de 640^{m} (180^{m} au-dessus de la Dordogne).

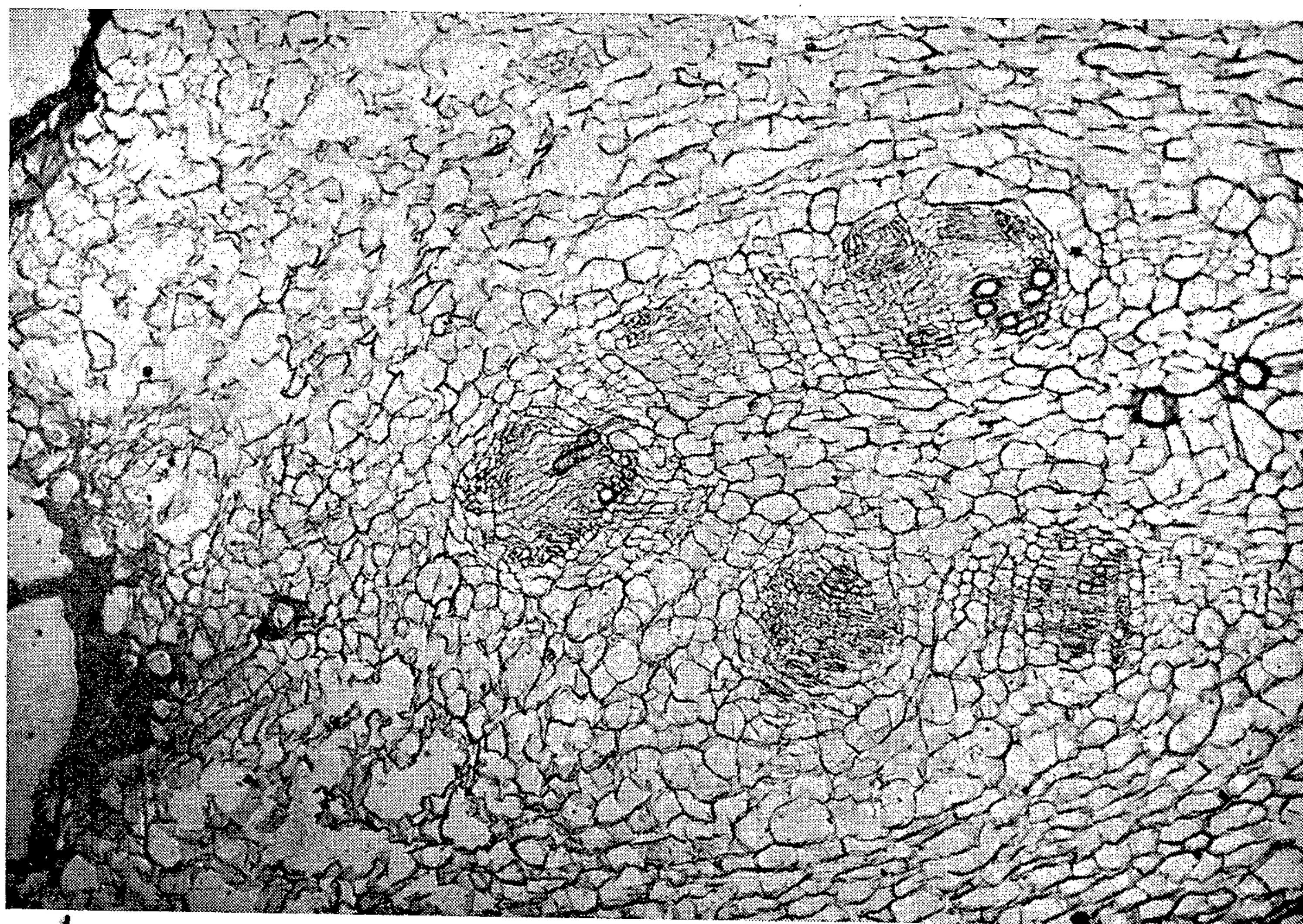
III. *Wurmien.* — Après ce remblaiement, les vallées s'approfondissent à nouveau de plus de 150^{m}, près de Bort. Elles atteignent leur niveau actuel et même descendent au-dessous. La terrasse la plus nette de cette série est celle de 15-20^{m}. Contrairement à l'opinion de beaucoup d'auteurs, les terrasses abandonnées au cours de ce dernier creusement sont fluviatiles ou torrentielles, dans la région de Bort.

On a souvent considéré dans cette région comme des vallées glaciaires wurmiennes, ce qui était en réalité des vallées remblayées au cours de la phase précédente du Lanobre. Les moraines frontales wurmiennes sont restées dans la partie haute des vallées principales à l'intérieur des moraines frontales du Glaciaire des plateaux. Le glaciaire wurmien ne s'est pas étendu sur les plateaux, mais s'est limité aux vallées dont le bassin d'alimentation névéen était suffisant. Ainsi les formes glaciaires des plateaux sont

remarquablement conservées, car elles sont encore, en beaucoup de points, enfouies sous une couverture morainique, non enlevée par les érosions postérieures.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action différenciatrice des bourgeons se développant sur des fragments de parenchyme vasculaire d'Endive, cultivés* in vitro. Note de M. **Guy Camus**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons signalé (¹) l'action inductrice qu'exercent les bourgeons produits par le parenchyme libérien et la zone génératrice de prismes d'Endive sur la différenciation et l'organisation des tissus sous-jacents. Pour compléter ces observations nous avons recherché si les bourgeons



Coupe pratiquée transversalement dans un prisme de parenchyme vasculaire d'Endive après 18 jours de culture. (× 55.)

On remarque, à droite et à gauche, les vaisseaux préexistants de grande taille. Entre ces vaisseaux extrêmes on observe une plage dans laquelle est apparu un rudiment de zone génératrice qui a produit des massifs de cellules ligneuses et libériennes sous l'influence d'un bourgeon long de 3^{mm}, situé au-dessus du plan de la figure. La coupe intéresse une région située à 2200 μ de la base du bourgeon.

se développant sur le parenchyme vasculaire sont susceptibles de provoquer des modifications morphologiques dans les tissus sous-jacents.

Pour cela nous avons réalisé des cultures aseptiques de prismes de parenchyme vasculaire de *Cichorium Intybus* var. Witloof sur milieu gélosé et glucosé en plaçant hors du milieu, soit l'extrémité foliaire des

(¹) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 34-36.

fragments (extrémité tournée vers les feuilles lorsque le fragment faisait partie intégrante de la racine), soit leur extrémité radicale.

Nous avons ainsi constaté que le parenchyme vasculaire manifeste une croissance nettement polarisée. La région foliaire se modifie très peu et, au cours de la culture, elle produit seulement quelques mamelons isolés. C'est à partir de ces mamelons que se différencient des ébauches qui évoluent en tiges feuillées.

Par contre l'extrémité opposée produit un cal très volumineux dans lequel se différencient aussi des ébauches de bourgeons; celles-ci peuvent poursuivre leur croissance à condition que le développement des ébauches produites par la face foliaire soit inhibé par le contact du subtratum.

Nous avons pratiqué périodiquement des coupes dans les prismes ensemencés, afin d'apprécier l'influence qu'exercent éventuellement les bourgeons sur les tissus sous-jacents.

L'examen de ces coupes nous a montré que, dans la région foliaire des explantats, les cellules qui entourent les vaisseaux se divisent activement et donnent naissance à des zones, génératrices fragmentaires ou à des plages dans lesquelles les cellules présentent de très nombreux recloisonnements. C'est à partir de ces régions dédifférenciées que se forment les méristèmes de bourgeons. Au cours de leur développement, ceux-ci exercent sur les tissus sous-jacents une action différenciatrice qui s'étend de proche en proche au sein de ces tissus modifiés. Cette action se traduit par une formation de tubes criblés et de vaisseaux aberrants beaucoup plus intense et profonde que celle induite par les bourgeons se développant sur le parenchyme libérien; ceci n'a rien de surprenant, car les modifications morphologiques induites dans le cas présent apparaissent dans un tissu déjà dédifférencié. Cette action ne s'exerce que dans le sens feuille-racine : en effet on n'observe aucune modification morphologique au-dessus du point d'insertion d'un bourgeon apparu latéralement.

Par contre, dans la région radicale des explantats, nous avons observé des phénomènes très différents; les ébauches se forment aussi à partir de plages dédifférenciées, mais on ne peut discerner d'action nette parmi les lignifications de structure très complexe qui se développent normalement dans le cal. Nous n'avons en aucun cas observé d'influence dans le sens racine-feuille.

En résumé, les bourgeons apparaissant sur le parenchyme vasculaire isolé exercent sur les tissus sous-jacents déjà dédifférenciés une action polarisée qui se traduit par une redifférenciation très rapide de formations conductrices.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h45^m. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie le fascicule 106 des *Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco,* publiés sous sa direction, avec le concours de M. Jules Richard : *Scyphoméduses provenant des Campagnes du Prince Albert Ier de Monaco,* par Gilbert Ranson.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *La mesure euclidienne.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans une Communication orale faite il y a quelques jours au Congrès de l'*Association française pour l'Avancement des Sciences,* M. Pauc a exposé des résultats et des considérations s'apparentant étroitement à ceux que je développe dans mon cours de Géométrie supérieure à la Sorbonne, et que je prolonge dans la rédaction des mêmes Leçons.

Je réserve essentiellement le nom de *mesure* au nombre *euclidien*, longueur, aire, volume, etc., et je qualifie de *pseudo-mesure*, pseudo-longueur, pseudo-aire, pseudo-volume etc., les fonctions métriques quelconques.

La mesure euclidienne d'ordre r dans l'espace U_r à r dimensions vérifie six conditions intuitives que j'énonce pour les volumes dans l'espace U_3 à trois dimensions :

1° L'additivité (restreinte ou même complète) des volumes supposés définis vaut pour toute collection finie (ou dénombrable) d'ensembles disjoints.

2° E et E′ ayant des volumes définis, si E contient E′, E — E′ a un volume défini.

3° Si E et E′ de volumes définis sont joints, leur partie commune a un volume défini.

4° Si le volume d'un ensemble est défini, il n'est pas négatif.

5° Le volume d'un ensemble est indépendant de son déplacement euclidien.

6° Le volume d'un cube de U_3 ayant pour côté 1 est 1.

[Les conditions analogues subsisteraient pour une mesure euclidienne d'ordre p dans U_r ($r \geqq p$).]

Mais dans mon exposé *je ne pose pas ces conditions a priori* (les deux dernières sont fausses pour les pseudo-mesures, la quatrième pour les pseudo-mesures de

signe quelconque). Elles se présentent comme conséquences d'axiomes plus simples.

Toute notion de mesure euclidienne ou même de pseudo-mesure non négative (d'ordre r dans U_r) est dominée par deux principes, dont le premier a été constamment appliqué par les géomètres grecs, pour les aires du rectangle à côtés immensurables, du cercle, du segment de parabole, pour les volumes de la pyramide et du cône (ces deux dernières déterminations sont dues à Eudoxe, au nom duquel je rattache ce principe), des corps ronds en général et même, par extension, pour la longueur de la circonférence.

Principe d'Eudoxe. — E étant une figure (un ensemble de points), *que l'on ne sait pas encore mesurer*, tandis que l'on connaît d'une part une famille F_1 de figures que l'on sait mesurer et dont chacune contient E, d'autre part une famille F_2 de figures que l'on sait mesurer et dont chacune est contenue dans E, si *l'excès* de la mesure de toute figure de F_1 sur la mesure de toute figure de F_2 *ne surpasse aucun nombre positif fixe, le nombre unique* m qui n'est supérieur à la mesure d'aucune figure de F_1 ni inférieur à la mesure d'aucune figure de F_2, *doit être regardé comme étant la mesure de la figure* E dans le système métrique utilisé.

Principe de Jordan. — Les ensembles ou familles d'ensembles E, F_1, F_2 étant caractérisés comme il vient d'être dit, *la borne inférieure* stricte des mesures des ensembles de F_1, la *borne supérieure* stricte des mesures des ensembles de F_2 sont respectivement la *mesure extérieure* et *la mesure intérieure* de E dans le système métrique utilisé.

Si ces deux mesures sont égales, le principe d'Eudoxe nous dit que leur valeur commune est la mesure de E.

Observations. I. — Les figures F_1 et F_2 font partie d'une famille F de *figures* dites *élémentaires*, dont la mesure est *a priori* donnée, ce qui détermine (grâce au principe d'Eudoxe) un système métrique $\mu(F)$ (la nature des figures F_1 et celle des figures F_2 ne sont pas nécessairement tout à fait les mêmes). Si l'on veut former une nouvelle famille élémentaire H avec des figures E dont la mesure a été définie par application du principe d'Eudoxe à la famille F, toutes les figures dont la mesure sera définie à partir de la famille H (en s'aidant du principe d'Eudoxe) sont également mesurables à partir de la famille F et les deux mesures dans les deux systèmes $\mu(F)$ et $\mu(H)$ sont égales.

II. Si toute figure élémentaire de F est mesurable (grâce à l'application du principe d'Eudoxe) à partir des figures de la famille H tenues pour élémentaires [et mesurées dans $\mu(F)$], les deux systèmes $\mu(F)$ et $\mu(H)$ sont équivalents pour la définition des mesures d'ensembles.

Cela posé, *nous adoptons la conception de Jordan divisant* U_3 *en cubes égaux*, mais avec plus de minutie, de façon à ne pas exclure *a priori* l'hypothèse où un point, un segment rectiligne, une face carrée auraient des volumes positifs (ce qui peut avoir lieu dans le cas des pseudo-mesures).

Nous définissons les volumes V_S relativement à un système (S) de coordonnées rectangulaires x_1, x_2, x_3.

Nous appelons *cube précisé de degré k* [dans le système (S)] et nous notons C_k l'ensemble

$$p_i \leqq 2^k x_i < p_i + 1 \qquad (p_i \text{ entier}, \ i = 1, 2, 3).$$

Tout point de U_3 appartient à un cube précisé et à un seul de degré k.

Nous appelons *figure élémentaire de degré k*, et nous notons φ_k, toute réunion d'un nombre fini de cubes précisés de degré k. La partie commune à deux figures élémentaires de degré k, leur différence si l'une contient l'autre, sont des figures élémentaires de degré k. En tant qu'ensemble de points, une figure φ_k est aussi une figure φ_{k+m} formée par 8^m fois plus de cubes précisés C_{k+m}.

Nous appelons *figure élémentaire fermée* et nous notons $\overline{\varphi_k}$ une figure élémentaire accrue de sa frontière; *figure élémentaire ouverte*, et nous notons $\underline{\varphi_k}$ l'intérieur d'une figure élémentaire.

Cela posé, nous énonçons ces quatre axiomes pour fonder la mesure de Jordan par l'application ultérieure des principes d'Eudoxe et de Jordan :

AXIOME 1. — *Tout cube précisé C_k a un volume déterminé dans le système* (S), *soit* $V_S(C_k)$.

AXIOME 2. — *Toute figure élémentaire de degré k a un volume* (S) *déterminé égal à la somme des volumes (S) des cubes précisés composant la figure*.

AXIOME 3. — *Tous les cubes précisés d'un même degré k ont un même volume* $v_k = V_S(C_k)$.

AXIOME 4. — *Le volume v_0 des cubes précisés C_0 est* 1.

(Les axiomes 1 et 2 subsistent pour toute fonction métrique.)

Par le principe de Jordan on déduit de ces axiomes la définition des volumes extérieur $V_S^e(E)$ et intérieur $V_S^i(E)$ d'un ensemble E.

Pour éviter de faire jouer à la position particulière du système (S) un trop grand rôle, ce qui aurait des inconvénients pour la définition des pseudo-mesures, nous considérons d'une part, pour définir $V_S^e(E)$, les figures élémentaires ouvertes (minimums) contenant $\overline{E}$, d'autre part, pour définir $V_S^i(E)$, les figures élémentaires fermées (maximums) incluses dans l'intérieur $\underline{E}$ de E.

Il suffit (en s'aidant des observations I et II) de montrer que dans tout autre système (S′) les cubes précisés C'_0 ont un volume $V_S = 1$, pour en conclure que les nombres $V_S^e(E)$, $V_S^i(E)$ sont indépendants du système (S), ce qui équivaut à la condition 1. Les volumes sont dès lors appelés *volumes de Jordan* ou volumes (J).

Les six conditions intuitives (avec l'additivité restreinte) sont impliquées par le système des quatre axiomes énoncés.

Pour passer à la mesure de Borel, il suffit d'ajouter ces deux axiomes, dus à ce savant, et dont la justification intuitive est manifeste :

AXIOME 5. — *Tout ensemble ouvert a un volume défini* (B) *égal à son volume intérieur* (J).

AXIOME 6. — *Tout ensemble fermé a un volume défini* (B) *égal à son volume extérieur* (J).

[Je suppose en Géométrie cartésienne que les ensembles fermés sont toujours bornés; un ensemble ouvert non borné peut avoir une mesure intérieure (J) finie.]

Les nouvelles familles élémentaires de la mesure (B) sont les ensembles ouverts et les ensembles fermés.

L'application du principe d'Eudoxe donne le volume (B) de tous les ensembles mesurables selon Lebesgue. Ce volume s'obtient au moyen des seuls postulats de Borel. L'application du principe de Jordan donne les notions dues à Lebesgue de mesure intérieure (L), de mesure extérieure (L). A Lebesgue revient encore la notion d'ensemble non mesurable.

Pour qu'un ensemble ait un volume (B) déterminé, il faut et il suffit que, pour tout ε positif, $E = F + e$ ou $E = O - e'$, les ensembles F, O, e, e' étant : F fermé, O ouvert, e et e' de volumes extérieurs inférieurs à ε.

Les six axiomes entraînent les six conditions intuitives. En particulier *l'additivité complète de la mesure est impliquée par eux.*

Dans une prochaine Note, je montrerai la conversion d'une pseudo-mesure de l'espace cartésien V_r en la mesure euclidienne de l'espace U_r, à r dimensions comme V_r.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caprifoliacées. Développement de l'embryon chez le* Lonicera biflora *Desf.* Note de M. **René Souèges**.

On possède peu de documents sur l'embryologie des Caprifoliacées. Dernièrement Edith Moissl [1] a, sur ce sujet, publié un assez long Mémoire, dans lequel il est surtout traité des gamétophytes mâle et femelle. Pour ce qui concerne spécialement l'embryon, l'auteur a pu, chez le *Symphoricarpos racemosus*, assister à la formation d'une tétrade linéaire, mais ces observations n'ont pas été poussées plus loin.

La tétrade que j'ai toujours rencontrée, chez le *Lonicera biflora*, entre dans la catégorie des tétrades dites *globuleuses* [2], qui se distingue de la catégorie des tétrades dites *filamenteuses* par la direction oblique, plus ou moins rapprochée de la verticale, de la paroi de segmentation dans la cellule basale du proembryon bicellulaire. Dans les tétrades filamenteuses, cette paroi est toujours transversale, séparant deux cellules superposées; en outre, si, dans la cellule apicale, la cloison est nettement verticale ou plus ou moins oblique, la tétrade est dite en T; si cette cloison est horizontale, la tétrade est dite linéaire.

Généralement, chez le *Lonicera biflora*, la paroi de segmentation dans la cellule apicale est oblique, comme dans la cellule basale, et sépare deux éléments *a* et *b* (*fig.* 3) de taille et de forme très différentes, de même que sont très dissemblables, sous les mêmes rapports, les deux éléments, *m* et *ci*, issus de la division de la cellule basale. Dans ces quatre éléments, la segmentation se poursuit sans règle définie, les parois de division diversement

---

(1) *Œsterr. bot. Zeits.*, 90, 1941, pp. 153-212.

(2) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 88, 1941, p. 605.

inclinées les unes sur les autres se succédant dans le plus grand désordre (*fig*, 6 à 12). Aux stades qui correspondent à ceux des figures 5 à 10, on peut, dans une certaine mesure, se rendre compte de la filiation et de la disposition cellulaires, variables avec les individus; mais, plus tard, comme il n'apparaît pas d'étages distincts, les limites de démarcation entre les premiers blastomères ne peuvent être reconnues et il n'est même pas possible de

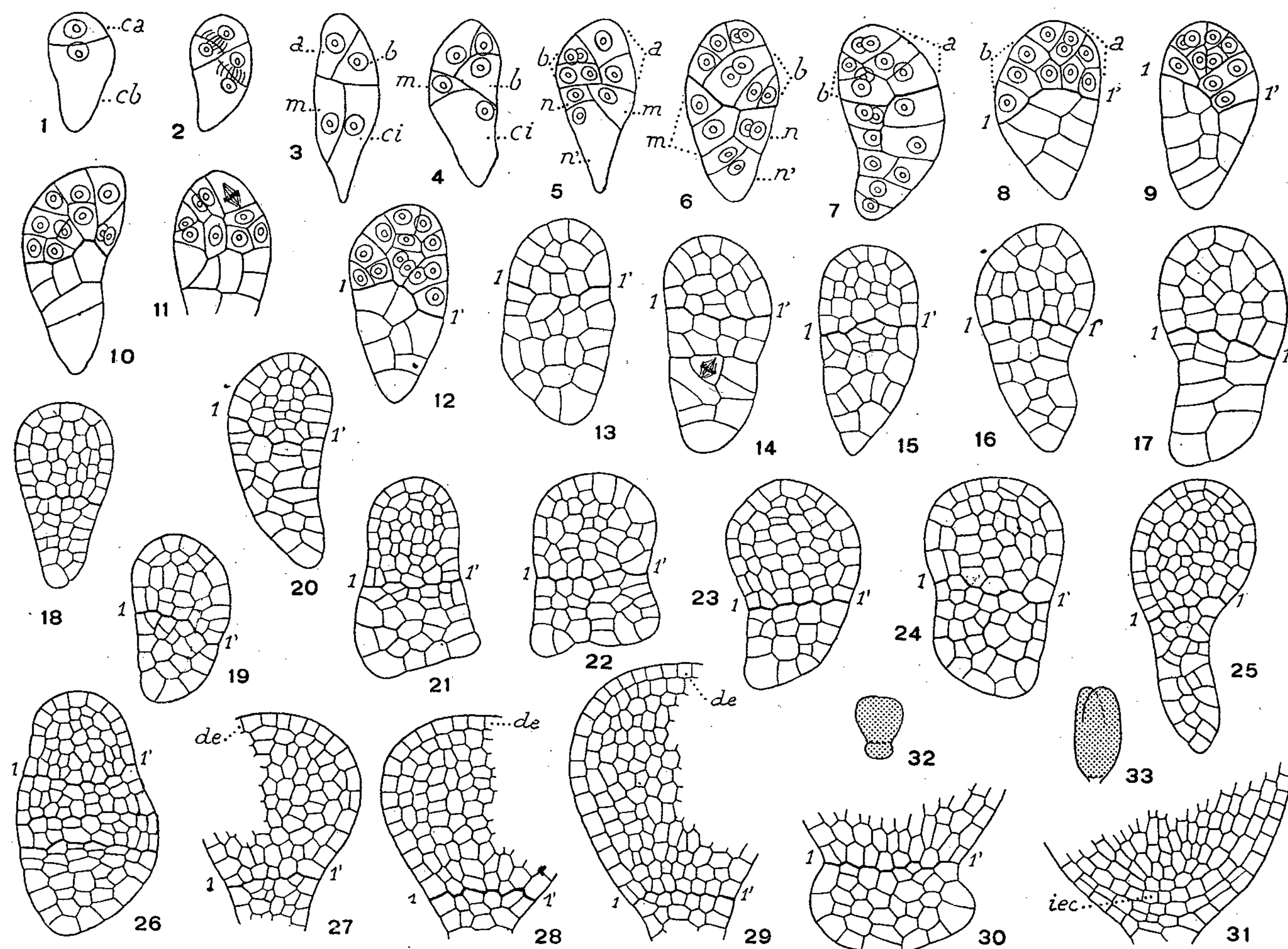


Fig. 1 à 33. — *Lonicera biflora* Desf. — Quelques formes embryonnaires aux principales étapes du développement. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *n* et *n'* cellules-filles de *ci*; 1-1', ligne de séparation probable de l'embryon proprement dit et du suspenseur; *de*, dermatogène; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 32 et 33, aspect général des embryons d'où sont tirés les détails des figures 30 et 31. G. = 240 pour les figures 1 à 17; 120 pour les figures 18 à 31; 37 pour les figures 32 et 33.

déterminer, avec certitude, ce qui provient de la cellule apicale et ce qui tire origine de la cellule basale.

La configuration extérieure de l'embryon se modifie bientôt (*fig.* 13). On arrive à distinguer une région supérieure plus plasmatique, occupée par des micromères, qui s'arrondit et donne l'embryon propremeut dit, et une région inférieure, plus claire, constituée par des macromères, qui donne naissance au suspenseur. Le développement des deux parties varie beaucoup avec les individus. Le suspenseur prend les aspects les plus divers : parfois il reste très réduit; le plus souvent il prend des dimensions considérables; tantôt il s'allonge plus ou moins en s'amincissant vers le bas (*fig.* 25), tantôt il se renfle, s'aplatit et se boursoufle de diverses manières (*fig.* 21, 22, 26).

Dans la masse embryonnaire, les histogènes ne se différencient que très tard; seul le dermatogène paraît s'individualiser un peu avant la naissance des cotylédons (*fig.* 27 à 29). Il n'est pas possible de dire comment s'organise l'extrémité radiculaire : dans quelques cas, les initiales de l'écorce de la racine semblent se constituer aux dépens d'éléments

provenant de la cellule apicale, mais, dans d'autres cas, elles paraissent tirer origine des éléments *m* ou *n* (*fig.* 5) produits par la cellnle basale.

Les figures assez nombreuses que j'ai reproduites donnent une idée de la variabilité et de la complexité des formes qu'offre l'embryon du *Lonicera biflora*. Cet embryon entre incontestablement dans la catégorie des *types irréguliers*. Ceux-ci, comme on sait ([3]), se divisent en deux groupes : dans le premier se rangent les formes embryonnaires qui se développent selon des règles réelles, mais des règles variables avec les individus considérés; dans le deuxième prennent place des formes chez lesquelles il n'est pas possible de déceler la moindre régularité. Le *Convolvulus arvensis* ([4]) a déjà été cité comme exemple de ces types irréguliers du deuxième groupe. Le *Lonicera biflora* peut être donné comme nouvel exemple; il est tout aussi démonstratif.

MOTEURS THERMIQUES. — *Orientation de la technique de la turbine à gaz.* Note de M. **Maurice Roy**.

I. En vue d'applications industrielles, diverses formules de turbine à gaz sont à l'étude ou en réalisation, notamment aux États-Unis. Le schéma fondamental de la turbine *pure et quasi adiabatique* s'y complique, simultanément ou non, par récupération de chaleur d'échappement sur l'air comprimé, par compression étagée avec refroidissement intermédiaire, par combustion étagée, enfin par évolution partiellement cyclique (cycle semi-fermé).

Pour contribuer à l'orientation de la technique, la présente Note expose les conclusions d'une étude basée sur les formules d'une Note précédente ([1]), dont je conserve ici les notations, tout en simplifiant encore lesdites formules et précisant certains points essentiels.

II. La fatigue *thermique* des foyers, des tuyauteries de gaz chauds et des premiers distributeurs est gouvernée par la température relative en fin de combustion ($1+\theta = T_d/T_0$), tandis que celle du rotor l'est par la température relative ($1+\lambda$) du premier ailetage, et sa fatigue *mécanique* par le critère $\Upsilon = u/a_0$ (u, vitesse périphérique; a_0, célérité du son dans l'air à T_0).

Pratiquement, la compression γ (ou son rapport de pressions ϖ) dépasse l'ordre pour lequel une seule roue suffirait. On démontre alors que, pour réduire la fatigue thermique du rotor, le premier étage doit être à *quasi-action*, les critères θ, λ et Υ étant alors liés par

$$\theta \cong \lambda + 0{,}66\,\Upsilon^2. \tag{1}$$

En fait, Υ étant choisi aussi grand que possible, c'est la limite λ de tempé-

---

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, II, 1939, p. 30.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 813.

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 298.

rature du premier ailetage qui *prédomine* et, ainsi, fixe θ par (1). L'expression approchée du rendement de la *turbine avec régénérateur* se ramène à

$$\eta = \eta_b \frac{\rho'_c}{\rho_c} \gamma \frac{\rho_c \rho_d (1+\theta) - (1+\gamma)}{(1-\eta_r)(1+\gamma)(\rho'_c \theta - \gamma) + \eta_r \gamma \rho'_c \rho'_d (1+\theta)}. \tag{2}$$

Pour γ et η_r seuls variables, η_r doit être annulé (régénérateur supprimé) dès que γ dépasse une limite, définie par un écart minimum de température entre gaz chauds et air sortant du compresseur. Avec des hypothèses assez optimistes, cette limite correspond à ϖ de l'ordre de 6 à 9 (pour $T_0 = 288^\circ$ K.).

III. Un *état de la technique* $\mathcal{E}$ est caractérisé par ρ'_c, ρ_c, ρ'_d, ρ_d, η_b, λ (ou T_l) et Υ (ou u). On pose $T_0 = 288^\circ$ et $\eta_b = 0{,}98$ (η rapporté au pouvoir calorifique *inférieur*) et l'on considère trois ensembles $\mathcal{E}$:

	ρ'_c.	ρ_c.	ρ'_d.	ρ_d.	$T_l - 273^\circ$ (° C.).	u (m/s).
$\mathcal{E}_a$..........	0,80	0,785	0,85	0,835	500	250
$\mathcal{E}_b$..........	0,85	0,835	0,885	0,870	600	275
$\mathcal{E}_c$..........	0,90	0,885	0,920	0,905	700	300

La technique *actuelle* se situe entre $\mathcal{E}_a$ et $\mathcal{E}_b$ (avec $3 < \varpi < 6$), celle du *proche avenir* entre $\mathcal{E}_b$ et $\mathcal{E}_c$ (avec $3 < \varpi < 15$).

Pour $\mathcal{E}$ et η_r donnés, η passe par un *maximum* pour un *optimum* de ϖ (ou γ). Ce maximum augmente et cet optimum se réduit si η_r augmente. Par contre, à η_r fixé, le maximum et l'optimum augmentent si $\mathcal{E}$ s'améliore, ce d'autant plus que η_r est plus réduit.

Ainsi le gain relatif de $\eta_{\max}$ *dû au régénérateur* diminue lorsque $\mathcal{E}$ s'améliore. Pour $\eta_r = 0{,}6$, il tombe de 0,4 à 0,2 et à 0,05 lorsque $\mathcal{E}$ passe de $\mathcal{E}_a$ à $\mathcal{E}_b$ et à $\mathcal{E}_c$. Dans l'évolution de la turbine à gaz non aéronautique, le régénérateur (dont les inconvénients de poids, encombrement et entretien sont graves) ne doit être qu'un *perfectionnement transitoire*, révocable dès que l'on approchera de $\mathcal{E}_c$ et de $\varpi \simeq 10$ [2].

IV. La *compression à étages refroidis* (sans régénérateur) ne peut accroître η que si ϖ est assez grand (6 à 8, au moins, actuellement). Son avantage est fortement accru s'il y a régénérateur, mais sans gain sensible par rapport à la marche optimum avec celui-ci seul, laquelle se situe actuellement à $\varpi \simeq 3 \div 4$.

V. La *combustion bi-étagée* (si compression, combustion et détente conservent les mêmes rendements propres et si la température en fin de réchauffage éventuel est maintenue) ne peut accroître η que si la compression γ est assez élevée et satisfait à

$$\eta_b \gamma \varepsilon > \frac{\eta \rho'_d}{\rho_d - \eta \rho'_d}, \tag{3}$$

η étant le rendement sans combustion étagée et $(1-\varepsilon)$ la fraction de détente affectée au

(2) Cette conclusion corrobore celles de notre Mémoire de 1928 sur les perspectives d'application à l'aviation (*Association Technique Maritime et Aéronautique*, Paris, 1928).

premier étage. Actuellement ($\mathcal{E}_a < \mathcal{E} < \mathcal{E}_b$), le gain possible sur η est faible et se restreint avec l'accroissement de η.

Mais ce gain s'accroît notablement (si toutefois ϖ dépasse $6 \div 8$) lorsqu'il y a combinaison avec compression à étages refroidis et avec régénération (η_r fixé). Cependant, actuellement et par rapport à une machine simple à basse pression ($\varpi \cong 3$) et régénérateur, le gain relatif n'est que de l'ordre de $0,15 \div 0,20$, au prix d'une complication considérable et de toutes ses conséquences de poids, volume et coût.

La combustion additionnelle, sans favoriser le rendement, permet dans certains cas de régler commodément la puissance, en améliorant la *souplesse de conduite*.

VI. L'évolution en cycle semi-fermé ne permet pas, en général, d'améliorer le rendement par rapport à un cycle ouvert de même ϖ que sa seule partie haute pression. Elle comporte, d'autre part, des complications supplémentaires. Son avantage réside dans le recul de la limite pratique de puissance unitaire. Son emploi n'est, par suite, à envisager que pour la réalisation de très grosses unités (plus de 8 à 10 000 kW).

VII. Mise à part l'obtention de très fortes puissances unitaires, pour laquelle le cycle semi-fermé avec réalisation très complexe entre en question, la turbine à gaz paraît devoir opter *actuellement* entre deux tendances :

1° ou la machine à basse pression et à simple régénérateur, fonctionnant au voisinage de l'optimum ($\varpi \sim 3$);

2° ou la machine à étages ($\varpi > 6 \div 8$), avec refroidissement intermédiaire, combustion étagée et régénérateur, qui peut prétendre à un rendement de 10 à 20 % supérieur à 1°, mais au prix de lourdes complications.

De toute façon le progrès de $\mathcal{E}$ (notamment de ρ_c, ρ_d et λ) permettra d'éliminer toutes les complications et sujétions précédentes et d'obtenir des rendements de l'ordre de 0,20 à 0,34 pour ϖ de l'ordre de 6 à 15. Dès maintenant, cette voie est la seule à retenir pour l'aviation.

M. **Léon Bertrand** fait hommage à l'Académie d'un volume dont il est l'auteur, intitulé *Histoire géologique du sol français*, Tome I : *Les matériaux et les types structuraux du sous-sol* (Bibliothèque de Philosophie scientifique, 363 p. et 74 fig.).

Un second Tome, en cours d'impression, traitera du *plan architectural et de la genèse de nos grandes régions géologiques*, suivant le mode d'exposition adopté par l'auteur en son précédent ouvrage de la même collection, *Les grandes régions géologiques du sol français*, qui, publié en 1935, était épuisé au début de la guerre et dont la mise au point pour le Tome II du nouvel ouvrage a déjà réclamé d'importantes modifications au sujet de certaines de ces régions, pour tenir compte de très récents progrès dans leur connaissance. La variété des problèmes, soit de détail stratigraphique ou structural, soit de coordination avec les autres régions, que pose la géologie, envisagée d'une façon qui met en relief l'interdépendance des divers ordres de phénomènes en jeu dans la genèse d'une région jusqu'à son état final, rendait très désirable une initiation assez poussée des lecteurs du second volume, qui ne seraient pas familiers avec ces

phénomènes. Dans ce but ont été exposées, dans le premier Tome de l'ouvrage, les notions fondamentales (en développant particulièrement celles qui sont controversées, telles, par exemple, la genèse des schistes cristallins et des granites, ou bien certaines théories orogéniques) relatives aux divers ordres de faits, stratigraphiques, pétrographiques et tectoniques qui sont intervenus dans l'histoire de la formation de nos grandes régions, qui est le but de cet ouvrage. De la sorte sera réalisé, par l'ensemble de ses deux Tomes, un exposé aussi homogène et complet que possible, à l'échelle de la culture scientifique générale, toutefois assez documentée, que recherche la Bibliothèque de Philosophie scientifique.

M. **Émile De Wildeman** fait hommage à l'Académie de plusieurs Mémoires extraits du *Bulletin* et des *Mémoires* de la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique et des *Mémoires* de l'Institut Royal colonial belge, Section des Sciences naturelles et médicales.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Paul Becquerel** est élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. *Mathieu Leclerc du Sablon*, décédé.

CORRESPONDANCE.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Sur deux équations intégrales.* Note de M. **Maurice-Alexandre Parodi.**

I. Soit l'équation intégrale d'inconnue $f(x)$

$$(1)\qquad \int_0^\infty \varphi(t+x)f(x)\,dx = \theta(t).$$

Supposons que $\varphi(t)$ et $\theta(t)$ soient les transformées de Laplace de deux fonctions $k(z)$ et $g(z)$; on peut considérer l'équation (1) comme résultant de l'équation

$$(2)\qquad \int_0^\infty e^{-xz}k(z)f(x)\,dx = g(z),$$

par une transformation de Laplace de paramètre t, effectuée sur z.

Si $\psi(z) \subset f(x)$, l'équation (2) donne

$$(3)\qquad \psi(z) = \frac{g(z)}{k(z)}.$$

La fonction $f(x)$ est par suite connue si l'on sait déterminer l'original de $g(z)/k(z)$.

Propriétés de l'équation (1) *quand* $k(z)$ *et* $g(z)$ *admettent des originaux.* — *a.* Supposons que $\varphi(t)$ se réduise à la fonction $1/t$; alors $k(z)=1$ et la solution $f_1(x)$ correspondante a une image $\psi_1(z)$ d'expression

(4) $$\psi_1(z)=g(z).$$

De (3) et (4) on tire $k(z)\psi(z)=\psi_1(z)$; ainsi la solution générale $f(x)$ est liée à $f_1(x)$ par la relation

$$f_1(x)=\overset{\star}{f}(x)\overset{\star}{\mathrm{M}}(x),$$

$\mathrm{M}(x)$ étant l'original de $k(z)$ et * le symbole du produit de composition.

b. Supposons que $\theta(t)$ se réduise à $1/t$; on a $g(z)=1$ et la solution correspondante $f_2(x)$ a une image $\psi_2(z)$ donnée par

(5) $$\psi_2(z)=\frac{1}{k(z)}.$$

De (3) et (5) on tire $\psi(z)=g(z)\psi_2(z)$, d'où

$$f(x)=\overset{\star}{f_2}(x)\overset{\star}{\mathrm{N}}(x) \quad \text{avec } \mathrm{N}(x)\supset g(z).$$

c. Entre $\psi_1(z)$ et $\psi_2(z)$ existe la relation

$$\psi_1(z)=\psi_2(z)\,g(z)\,k(z),$$

d'où l'on déduit

$$f_1(x)=\overset{\star}{f_2}(x)\overset{\star}{\mathrm{M}}(x)\overset{\star}{\mathrm{N}}(x).$$

II. Soit à résoudre l'équation intégrale d'inconnue $f(x)$

(1') $$\int_0^\infty \varphi(x)f(x+t)\,dx=\theta(t).$$

Supposons que l'on puisse écrire $f(t)\subset\psi(z)$ et $\theta(t)\subset g(z)$; l'équation (1') est le résultat d'une transformation de Laplace de paramètre t, relative à z, effectuée sur l'équation

$$\int_0^\infty \varphi(x)\,e^{-zx}\psi(z)\,dx=g(z).$$

On en déduit

(2') $$\psi(z)=\frac{g(z)}{k'(z)},$$

où $k'(z)$ est l'*image* de $\varphi(x)$.

L'*image* de $g(z)/k'(z)$ donne donc la solution $f(x)$ de la proposée.

Application. — Supposons $\varphi(x)$ de la forme

$$\varphi(x)=x^{\mu-1}.$$

On a

$$k'(z)=\Gamma(\mu)z^{-\mu}$$

et il vient

(3') $$\psi(z)=\frac{1}{\Gamma(\mu)}z^{\mu}g(z).$$

Pour le calcul de l'image $f(t)$ de $\psi(z)$ deux cas sont à considérer :

1° μ *est entier;* les règles classiques du Calcul symbolique donnent immédiatement

$$f(t)=(-1)^{\mu}\frac{1}{\Gamma(\mu)}\frac{d^{\mu}}{dt^{\mu}}\theta(t).$$

2° μ *est un nombre quelconque* que l'on peut, sans restreindre la généralité, supposer compris entre 0 et 1.

Dans ce cas la solution $f(t)$, image de $\psi(z)$, est

$$f(t)=\frac{1}{\Gamma(\mu)}\int_0^{\infty} e^{-tz}z^{\mu}g(z)\,dz.$$

Il est facile de vérifier que l'on a dans ces conditions

$$(4')\quad f(t)=-\frac{1}{\Gamma(\mu)\Gamma(1-\mu)}\int_0^{\infty}\theta'(x+\beta)\beta^{-\mu}\,d\beta,\qquad \text{où } \theta'(x+\beta)=\frac{d\theta(x+\beta)}{d(x+\beta)}.$$

En effet, par définition,

$$\theta(x+\beta)=\int_0^{\infty}e^{-(x+\beta)\lambda}g(\lambda)\,d\lambda,$$

donc

$$\theta'(x+\beta)=-\int_0\lambda\,e^{-(x+\beta)\lambda}g(\lambda)\,d\lambda,$$

et $(4')$ s'écrit

$$\begin{aligned}f(t)&=-\frac{1}{\Gamma(\mu)\Gamma(1-\mu)}\int_0^{\infty}-\lambda\,e^{-x\lambda}g(\lambda)\,d\lambda\int_0^{\infty}e^{-\beta\lambda}\beta^{-\mu}\,d\beta\\&=\frac{1}{\Gamma(\mu)\Gamma(1-\mu)}\int_0^{\infty}\lambda\,e^{-x\lambda}g(\lambda)\,\Gamma(1-\mu)\lambda^{\mu-1}\,d\lambda=\frac{1}{\Gamma(\mu)}\int_0^{\infty}e^{-x\lambda}g(\lambda)\lambda^{\mu}\,d\lambda,\end{aligned}$$

ce qui démontre la propriété.

La solution que nous trouvons ainsi concorde avec celle que Liouville donne de l'équation proposée dans ses travaux sur la dérivation d'ordre non entier [1].

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Perfectionnements dans les dispositifs de transmission instantanée des angles.* Note de M. **René Barthélémy.**

La plupart des systèmes de transmission et d'addition des angles, utilisés principalement dans les conduites de tir et, plus récemment, dans le repérage des avions, comportent des générateurs et des récepteurs à champ tournant, la grandeur à transmettre étant représentée *par la phase* d'une tension.

Ces dispositifs impliquent la création de courants polyphasés sinu-

---

(1) *Journal de Crelle*, **12**, 1834, p. 273.

soïdaux, la nécessité d'une certaine puissance, et le téléaffichage n'est pas instantané, par suite de l'inertie des pièces tournantes.

Avec la vitesse croissante des mobiles à repérer ou à viser, le problème fut à nouveau posé.

La présente Note décrit un appareillage qui m'a permis d'atteindre le but désiré. Afin de rendre la mesure indépendante de la forme de la courbe, j'ai utilisé la transmission d'un *rapport* de tensions.

C'est avec un système logométrique et un tube cathodique que j'ai obtenu la solution la plus simple. Le principe est le suivant : l'angle α, à transmettre (*fig.* 1), est celui que fait une bobine M, mobile autour d'un axe O, et parcourue par un courant périodique $i = f(t)$ de forme quelconque, avec une position origine.

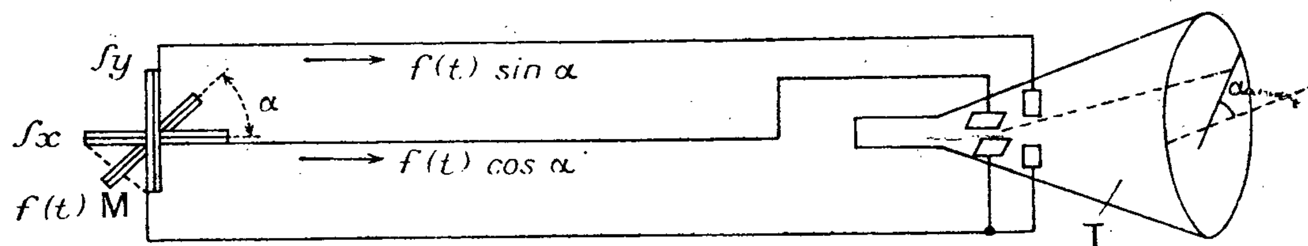


Fig. 1.

Ce courant induit dans deux bobines fixes Sx et Sy perpendiculaires des tensions proportionnelles à $f(t).\sin\alpha$ et $f(t).\cos\alpha$. Ces tensions sont appliquées, avec ou sans amplification, aux deux paires de plaques du tube cathodique T. Le spot décrit *une droite* qui reproduit l'angle α. Cette reproduction est indépendante de la tension et de la forme de courbe. Cette dernière remarque permet *de lever l'incertitude de* π qui subsiste. Il suffit, en effet, d'alimenter le cadre mobile M par une série d'impulsions *rectangulaires* périodiques, de courte durée par rapport à la période, pour obtenir sur l'écran du tube une demi-droite de luminosité uniforme, qui part du bord et s'arrête près du centre.

La lecture instantanée, la très haute précision possible (on atteint *une minute* avec deux tubes) permettent un gain de temps appréciable sur les anciens transmetteurs, condition indispensable avec les vitesses actuelles des avions.

Le dispositif se prête aisément à l'introduction des corrections de tir, traduites par exemple par un angle β. On construit sur le tube cathodique l'angle $\alpha + \beta$, par le procédé suivant :

Ces deux éléments, α et β, sont figurés par les positions de trois bobines M_1 et $M_2 M'_2$ de trois logomètres; les deux dernières sont montées sur le même axe $O_2 O'_2$ (*fig.* 2).

Le premier logomètre est alimenté par les impulsions rectangulaires en $f(t)$ et fournit les composantes $f(t)\sin\alpha$, et $f(t)\cos\alpha$. Ces deux tensions attaquent les rotors O_2 et O'_2 du logomètre double, calé sur la graduation β.

Par des connexions convenables entre les stators, on voit aisément qu'on recueille, à la sortie, des tensions de la forme

$$f(t)[\sin\alpha \sin\beta - \cos\alpha \cos\beta] \quad \text{et} \quad f(t)[\sin\alpha \cos\beta + \cos\alpha \sin\beta].$$

Ce sont précisément les composantes du vecteur $\alpha + \beta$, lequel apparaîtra

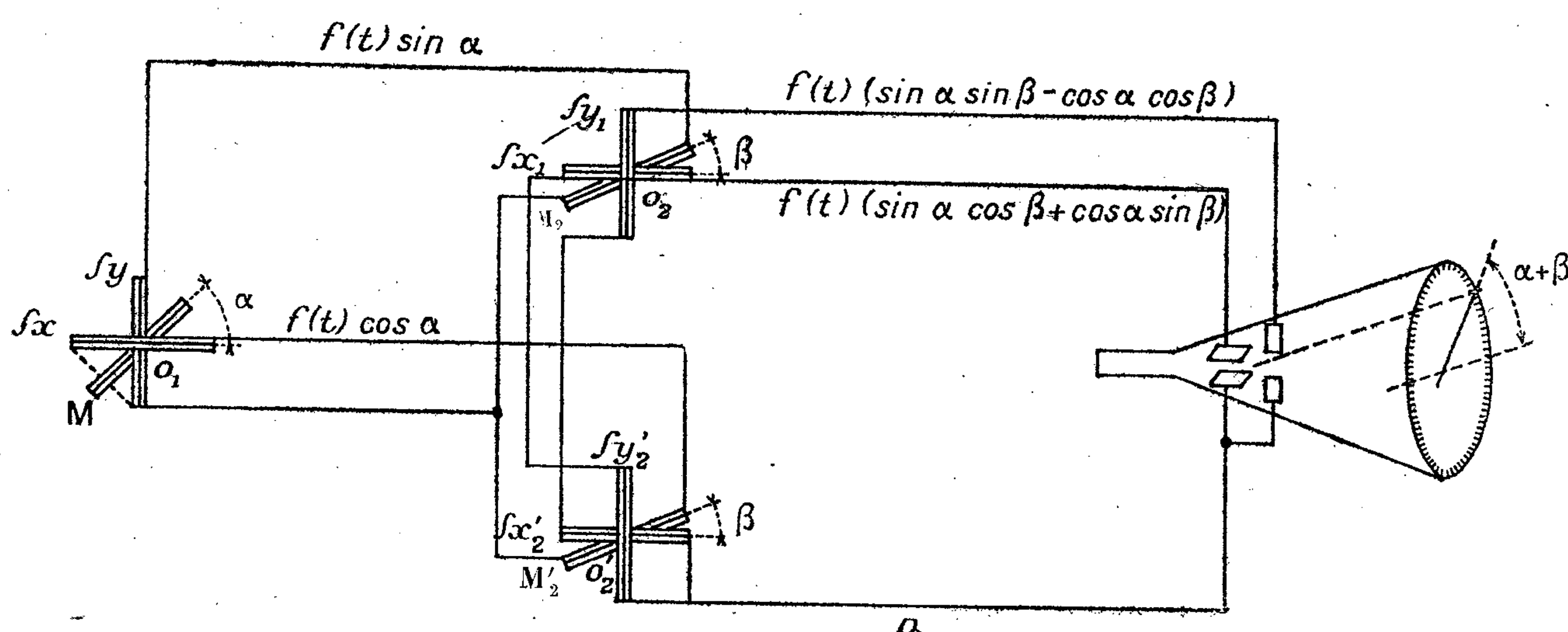


Fig. 2.

sur le tube cathodique, quand on attaquera les plaques déviatrices par ces tensions.

La méthode peut s'étendre à des additions multiples; l'affichage final reste pratiquement instantané.

Les appareils sont de petites dimensions : les cadres mobiles ne dépassent guère 1^{cm^3}. Leur étude a été assez délicate pour que la loi d'induction en cos soit respectée, et les effets électrostatiques soient évités.

Des dispositifs de recopie sans lecture, et même à servomoteurs, ont été réalisés, évitant les erreurs de manipulation.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les fondements de la méthode de la fonction caractéristique quantique* [*A propos d'une Note de M. Jean Bass* (¹)]. Note de M. **Edmond Arnous**.

M. J. Bass vient d'utiliser la grandeur que j'ai appelée *fonction caractéristique quantique* (²), dans un domaine qui lui semblait interdit, celui des opérateurs non permutables. Or, si l'on y regarde de près, et si l'on veut bien, dans ce cas, considérer la fonction caractéristique quantique comme un simple intermédiaire de calcul, dénué de sens physique immédiat, la tentative de M. Bass

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 46.

(²) Edmond Arnous, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 108-109 et 141-142; **219**, 1944, pp. 357-359 et 389-391; **220**, 1945, 12 et 19 mars, pp. 348 et 440; *Arch. Sc. Phys. et Nat.*, Genève, 7 juin 1945; *Actes Soc. Helv. Sc. Nat.*, sept. 1945.

apparaît *comme l'analogue* symbolique *d'une méthode qu'utilisait E. Wigner* en 1932 à des fins de thermodynamique ([3]). D'une façon précise, au lieu d'utiliser la densité de probabilité (5) du Mémoire de Wigner, M. Bass en utilise la transformée de Fourier. Dans ce genre de question, et, d'une façon générale, en thermodynamique quantique, ceci peut présenter de réels avantages. Je crois donc utile de préciser, dans ses fondements mathématiques, la méthode de la fonction caractéristique, afin d'attirer l'attention sur ce fait que, pour les opérateurs non permutables, *le théorème de S. Bochner* ([4]) *ne garantit pas que l'on ait affaire à une loi de probabilité.*

Notations. — R espace abstrait de Hilbert (séparable ou non). A, B opérateurs linéaires self-adjoints (hypermaximaux au sens de Neumann), définis respectivement sur D_A et $D_B \subseteq R$; E_a et E_b $(-\infty < a,\ b < \infty)$ familles spectrales de A et B (décompositions de l'unité). $(\psi,\ \varphi)$ produit scalaire de ψ et $\varphi \in R$. Les intégrales doivent être entendues au sens de Stieltjes-Lebesgue et la convergence au sens faible.

Définition de l'opérateur e^{isA}. — L'équation

$$(U_s\psi,\ \varphi) = \int_{\infty}^{\infty} e^{isa}\, d(E_a\psi,\ \varphi) \qquad (-\infty < s < \infty)$$

définit un *groupe continu* à un paramètre d'opérateurs unitaires U_s, c'est-à-dire une famille d'opérateurs unitaires jouissant des deux propriétés essentielles de l'exponentielle ([5])

(1) $$U_{s_1+s_2} = U_{s_1} U_{s_2}$$

(2) $$U_{s_1} \to U_{s_2} \qquad \text{si } s_1 \to s_2.$$

Nous pourrons donc poser $U_s \equiv e^{isA}$ afin de mettre en évidence la transformation infinitésimale. Nous voici en mesure de définir la fonction caractéristique quantique. Traitons de suite le cas de deux variables.

Fonction caractéristique quantique à deux variables. — La famille spectrale à deux variables la plus générale E_{ab} peut toujours s'écrire sous la forme $E_a E_b$, où E_a et E_b, et par suite A et B, sont permutables. La fonction caractéristique la plus générale sera donc toujours de la forme

$$K(u,\ v) = \iint e^{i(ua+vb)}\, d(E_a . E_b\psi,\ \psi) = (e^{iuA} e^{ivB}\psi,\ \psi).$$

Inversement, le théorème de Bochner permet toujours de considérer la fonction

([3]) E. Wigner, *Phys. Rev.*, **40**, 1932, pp. 749-759.

([4]) S. Bochner, *Vorlesungen über Fouriersche Integrale*, Leipzig, 1932, p. 76.

([5]) La réciproque de ce théorème est due à M. H. Stone (*Proc. Nat. Acad.*, **16**, 1930, pp. 172-175; *Ann. of Math.*, **33**, 1932, pp. 643-648), Cf. aussi par exemple S. Bochner, *Sitzb. preuss. Akad. d. Wiss.*, 1933, pp. 371-376.

$K(u, v) = (e^{i(uA+vB)}\psi, \psi)$ comme la transformée de Fourier-Stieltjes d'une mesure de Radon bornée $\mu(a, b)$, à condition que A et B soient permutables.

C'est, en effet, une fonction du type positif P^0 puisque :

1° Elle est continue, en vertu de (2).

2° $\sum_{m,n} c_m \bar{c}_n K(u_m - u_n, v_m - v_n) \geqq 0$ quels que soient les points (u_k, v_k) et les constantes c_k *en nombre fini*. La vérification de ce dernier point est facile, en vertu de (1)

$$\sum_{m,n} c_m \bar{c}_n (e^{i(u_m-u_n)A+i(v_m-v_n)B}\psi, \psi) = \left(\sum_m c_m e^{i(u_m A+v_m B)}\psi, \sum_n c_n e^{i(u_n A+v_n B)}\psi\right).$$

Cas des opérateurs non permutables. — Mais ce dernier calcul n'est plus légitime, si A et B ne permutent pas. Les opérateurs $e^{i(uA+vB)}$ ne forment plus un groupe. $K(u, v)$ n'est plus, en général, une fonction du type positif et ne représente plus une loi de probabilité. Le cas traité par M. Bass nous le confirme, puisque la densité de probabilité (5) de Wigner peut prendre des valeurs négatives. Mais, bien entendu, un choix convenable de la fonction d'onde peut conduire à une loi de probabilité authentique. Ainsi, dans le problème de Darwin

$$K_{x,p_x}(u, v) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\sigma_x^2 u^2 + \frac{2t}{m}\sigma_p^2 uv + \sigma_p^2 v^2\right) + v_x tiu + m v_x iv\right\}.$$

C'est une loi de Gauss. Mais son cofficient de corrélation

$$r = \left[1 + \left(\frac{4\pi m\sigma^2}{ht}\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}}$$

n'a probablement pas de sens physique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse d'un sel d'argent en solution diluée.* Note de M. **Albert Nicol**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'étude classique des phénomènes d'électrolyse nous apprend que, dans des réactions dites secondaires, les produits déposés peuvent réagir sur le dissolvant. En particulier, quand le solvant est l'eau, il est impossible ou difficile d'obtenir le dépôt de certains cations. Il y a formation d'un hydroxyde, caractère plus ou moins marqué, pour les métaux communs, du sodium au fer et au manganèse.

Mais, pour les métaux nobles, peu attaquables et dont les oxydes sont faciles à réduire, il peut paraître surprenant que la formation d'un métal oxydé puisse se manifester à la cathode, où le milieu est réducteur.

Cette formation a été mise en évidence dans l'électrolyse d'un sel d'argent entre électrodes de platine. Le sel pur était dissous dans l'eau distillée à des concentrations variant de N/500 à N/10 000 par litre.

L'appareil utilisé comportait un kénotron fournissant le courant continu sous le voltage nécessaire. Puis en série étaient disposés : une colonne à résistance liquide (CO^3Na^2 à N/2000) stabilisatrice; les bacs à électrolyse : deux vases de 5 litres réunis par un tube en U de forte section; ce dernier faisait siphon et permettait la séparation des vases anodiques et cathodiques; un voltamètre à dégagement d'hydrogène, servant de coulombmètre et enfin 1 milliampèremètre de contrôle.

Quant aux électrodes : l'anode est une petite plaque de platine de 5^{mm} de côté, la cathode est un fil de platine de $1^{mm},5$ de diamètre. La cathode était tournante et entraînait avec elle un agitateur pour maintenir la liqueur homogène.

L'électrolyse montrait nettement une traînée brune, caractéristique de Ag^2O, sur le sillage de l'électrode, accompagnée d'un dégagement gazeux.

L'électrolyse terminée, le nombre de centimètres cubes d'hydrogène du coulombmètre fournissait le poids d'argent théoriquement déposé. Le liquide cathodique était filtré sur un creuset de Gooch. Des expériences préalables avaient déterminé que le produit solide était uniquement de l'argent. L'argent était pesé.

L'oxyde était donc dissous dans la solution. Pour le doser on suivait la variation de conductibilité de la solution pendant sa neutralisation par une solution sulfurique à N/10. Le titrage se faisait à la microburette et les mesures de conductibilité entre électrodes de platine platinées. Des mesures préliminaires furent faites avec des solutions agitées pendant 7 jours avec de l'oxyde d'argent, fraîchement préparé ou non. Elles donnèrent pour solubilité, par litre en molécule de Ag^2O, $1,25.10^{-4}$ dans SO^4Ag^2 à N/1000 et $1,15.10^{-4}$ dans NO^3Ag à N/1000. Ce qui est du même ordre que les solubilités dans l'eau pure et montre que les quantités dissoutes pendant l'électrolyse étaient loin de la saturation.

Le résumé des mesures se trouve dans le tableau ci-dessous :

Électrolyte.........	SO^4Ag^2			NO^3Ag		
Concentration.	Ag^2O %.	Ag %.	Rendement (1) faradique.	Ag^2O %.	Ag %.	Rendement (1) faradique.
N/500...........	20	75	95	–	–	–
N/1000...........	24	66	90	22	63	85
N/2000...........	30	48	78	37	49	86
N/4000...........	48	33	81	46	32	78
N/8000...........	64	17	81	58	23	81
N/10000.........	61	16	77	–	22	–

En fonction de la dilution le dépôt d'argent diminue de façon continue

(1) Somme du métal déposé sous forme Ag et Ag^2O.

alors que celui d'oxyde croît. Les considérations développées à plusieurs reprises par M. P. Jolibois (²) permettent l'interprétation de ces résultats. Les dilutions de plus en plus grandes isolent davantage d'ions argent devant la barrière cathodique de molécules d'eau. La rupture des molécules d'eau libère H et un oxydryle, qui peut, avec l'ion argent, donner l'hydrate AgOH, puis Ag^2O. L'importance de cette dernière réaction croîtrait avec la dilution et le sel lui-même servirait de catalyseur à la réaction $Ag^2O + 2H = 2Ag + H^2O$. Le rendement faradique décroît avec la concentration, ce qui peut s'expliquer par la prépondérance de l'électrolyse de l'eau par transport de ses ions H et OH.

En résumé, dans l'électrolyse d'un sel d'argent on constate la formation d'oxyde d'argent à la cathode. Ceci est en contradiction formelle avec la théorie classique du dépôt du métal à la cathode; et dans ce cas on ne saurait admettre pour l'expliquer une réaction du type $2Ag + H^2O = Ag^2O + H^2$, puisque la réaction inverse est une réaction spontanée à la température ordinaire.

ÉLECTRONIQUE. — *Procédé pour éviter la charge électrique des échantillons isolants en diffraction électronique.* Note de MM. **Jean Devaux** et **Henri Bildé**, présentée par M. Charles Mauguin.

Si l'on envoie sur un échantillon isolant un faisceau d'électrons rapides en vue d'obtenir un diagramme de diffraction électronique, on sait qu'il est en général très difficile d'obtenir ce diagramme, surtout avec les échantillons épais utilisés dans la méthode dite de *réflexion*, à cause de la charge électrique prise par l'échantillon.

Kamogawa avait remarqué dès 1940 (¹) qu'on pouvait réduire les charges qui apparaissent sur un échantillon isolant, en envoyant sur cet échantillon un faisceau auxiliaire d'électrons à faible vitesse. Il avait proposé la théorie suivante du phénomène : la charge négative accumulée sur l'échantillon par l'impact des électrons rapides est compensée par l'émission d'électrons secondaires produite par le faisceau auxiliaire d'électrons lents.

Récemment Brubaker et Fuller (²) ont établi que, dans de nombreux cas examinés, l'échantillon prend une charge, non pas négative, mais positive, de l'ordre de 10 à 60 volts, sous l'influence des électrons rapides. En disposant un canon auxiliaire dont l'axe est normal à la face examinée

(²) *Bull. Soc. Philomatique*, 24, 1942, p. 164.

(¹) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 660.

(²) *Journal of applied physics*, 16, 1945, p. 128.

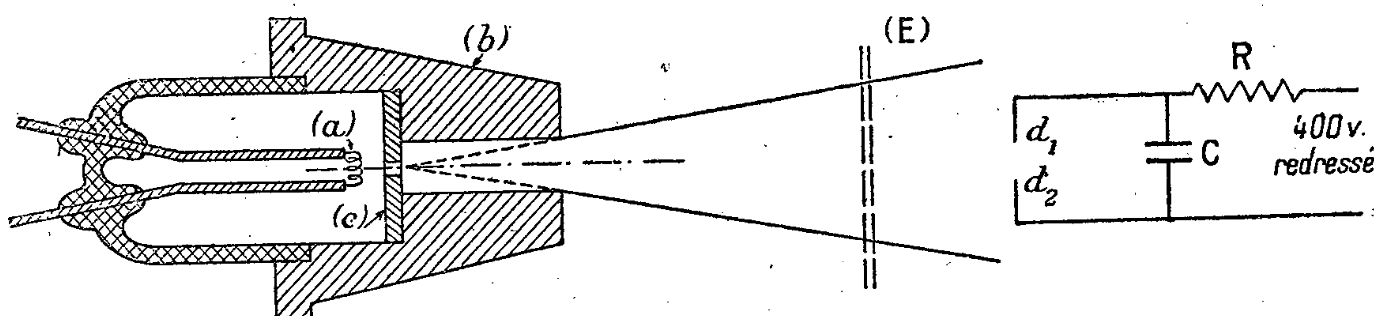
de l'échantillon, par lequel ils envoient des électrons avec un potentiel d'accélération d'environ 400 volts, les charges sont réduites à zéro.

Ces auteurs présentent comme une explication possible du phénomène le fait que les électrons lents ionisent l'air résiduel de l'appareil, ce qui permet un écoulement des charges prises par l'échantillon.

Nous avons repris les expériences de Brubaker et Fuller; les remarques que nous avons faites au cours de cette étude nous permettent de conclure en faveur de cette dernière hypothèse. En effet :

1° Nous avons mis en évidence l'ionisation intense des gaz résiduels dans la trajectoire du faisceau d'électrons lents par les expériences suivantes.

Nous avons adapté sur l'une des ouvertures de l'appareil un *tromblon* à électrons (voir la figure) formé d'une cathode chaude (a), filament de



tungstène spiralé, et d'une anode (b) percée d'un trou (de 6^{mm} de diamètre et de 20^{mm} de long), recouverte d'une pastille (c) de 2^{mm} d'épaisseur percée d'un trou de 1^{mm} de diamètre. La tension d'accélération des électrons peut varier d'une façon continue de 0 à 2500 volts à l'aide d'un dispositif potentiométrique. Cet appareil donne un faisceau d'électrons lents très divergent. Sur le trajet de ces électrons nous avons placé deux pointes $(d_1 d_2)$ distantes de 5^{mm} entre lesquelles on applique une différence de potentiel continue de 400 volts.

Un bon vide, analogue à celui que l'on réalise dans un tube à rayons X démontable, obtenu par une pompe à palettes suivie d'une pompe à vapeur de mercure et d'un piège à air liquide, est réalisé dans l'appareil. Si l'on dirige alors sur les pointes le faisceau d'électrons lents, une étincelle jaillit entre celles-ci à intervalles réguliers, correspondant à la décharge du condensateur (C) placé dans le circuit. Les décharges cessent dès qu'on arrête le faisceau d'électrons lents ou qu'on dispose sur son parcours un écran (E).

2° Nous avons obtenu des diagrammes nets de diffraction avec des monocristaux isolants (quartz, soufre) et avec des substances microcristallisées. Lors de ces expériences nous avons remarqué que, pour éviter la charge de l'échantillon, il fallait appliquer aux électrons lents une tension minimum et avoir un débit important, de l'ordre de 10 milliampères. Alors que la tension minimum est critique à 10 volts près et dépend de l'échantillon, nous n'avons pas remarqué, dans les limites de tension où

nous avons travaillé, de maximum critique. Les diagrammes ont été obtenus d'une façon aussi nette, en plaçant l'axe du tromblon normal ou tangent à la surface de l'échantillon.

Le fait que l'écoulement des charges ne dépend pas de l'incidence sous laquelle les électrons lents atteignent la surface de l'échantillon permet de rejeter l'hypothèse suivant laquelle l'écoulement de ces charges serait dû à l'émission secondaire d'électrons par l'échantillon.

Ces expériences nous permettent donc de conclure que le phénomène est bien dû à une ionisation importante des gaz résiduels de l'appareil dans la trajectoire du faisceau auxiliaire d'électrons lents.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Comportement expérimental d'une cellule photoélectrique soumise à une différence de potentiel alternative de très haute fréquence.* Note de M. **Daniel Charles**, présentée par M. Camille Gutton.

I. Si l'on soumet une cellule photoélectrique du type le plus courant à une tension sinusoïdale de très haute fréquence, l'expérience montre que, dans des domaines de fréquences et de tensions déterminés, la cellule débite un courant continu anormalement élevé (plusieurs milliampères), et cela même en dehors de tout éclairement [1].

De telles cellules ont en général une forme trop complexe pour que l'on puisse espérer donner une représentation mathématique des phénomènes. D'autre part le vide n'est pas toujours suffisant pour que l'on soit certain qu'une ionisation intense ne vienne perturber profondément le mécanisme initial. C'est ce qui nous a conduit à étudier le phénomène dans des cellules spécialement construites à cet effet.

II. Ces cellules sont constituées par une cathode métallique de 3^{cm} de diamètre et 6^{cm} de long dans l'axe de laquelle est fixée l'anode, tige de molybdène de $0^{cm},1$ de diamètre de même largeur que le cylindre.

La cellule étudiée est soumise à une tension de H. F. par couplage inductif au circuit oscillant d'un générateur, de telle sorte qu'il soit facile de séparer les composantes alternatives et continues du courant de sortie. L'appareillage a permis d'étudier les fréquences comprises entre 60 et 120 mégacycles, les tensions appliquées restant entre 0 et 300 volts.

Il était possible de refroidir la cellule jusqu'à —140°C. sans crainte de fuites électriques par condensation de vapeur d'eau. Les cellules différaient par la nature de la couche photoélectrique :

1° cylindre en nickel ou en aluminium purs;

2° cylindre de nickel, comme support d'une couche complexe au Cs sur argent oxydé;

---

(1) H. Geest, *Hochf. und Elektro*, 57, 1941, pp. 75-83.

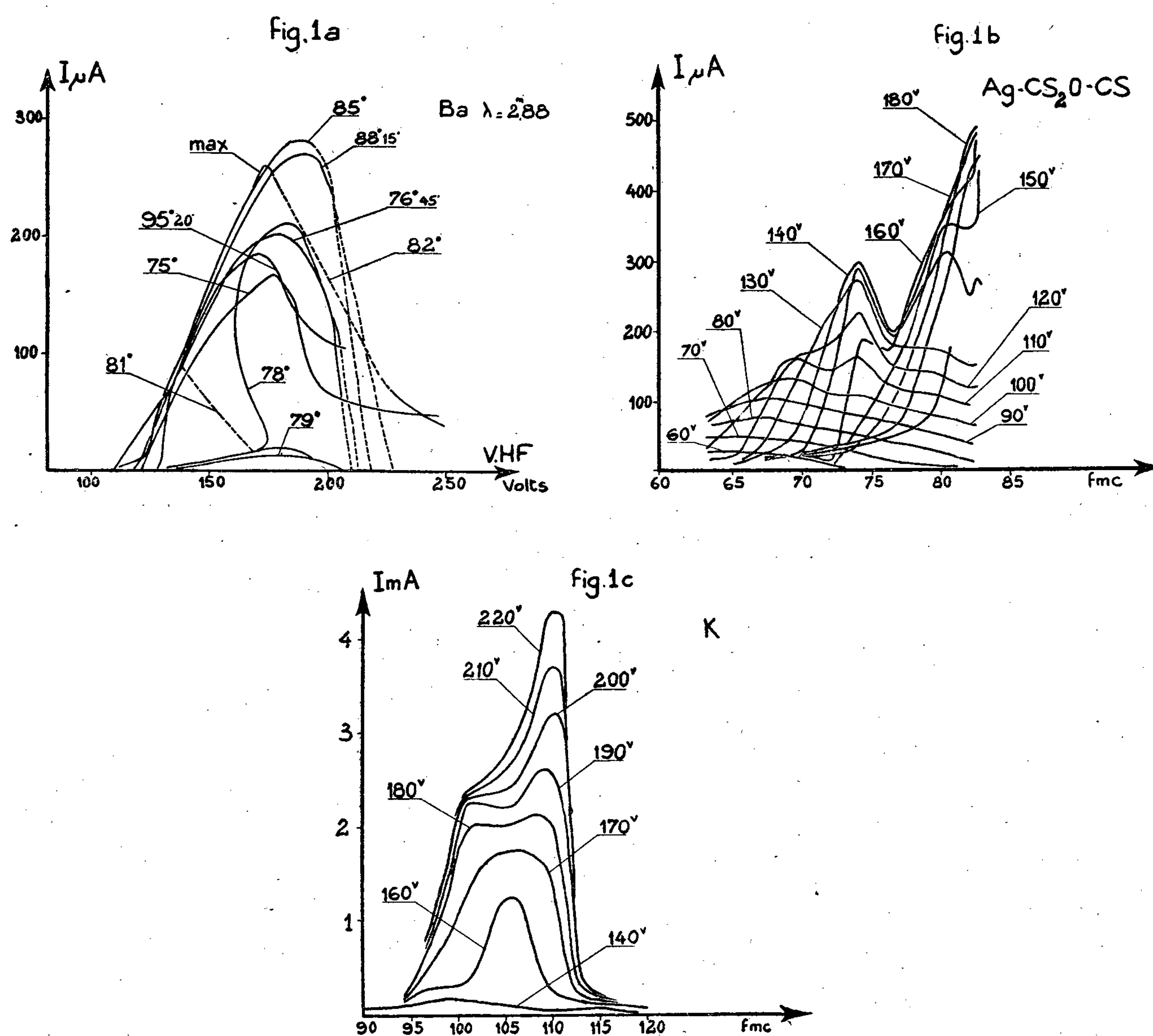
3° cylindre de nickel recouvert d'une couche mince de potassium;

4° cylindre d'aluminium recouvert d'une couche de baryum.

III. Les résultats expérimentaux peuvent être résumés de la manière suivante :

1° Les cellules à cathode en Ni ou Al purs sont les seules à ne pas montrer le phénomène attendu.

2° Pour une fréquence donnée, le courant continu croît avec la tension



H. F., passe par un maximum et tombe brusquement à zéro. La figure 1 *a* représente les résultats pour une cellule au Ba, pour λ 2^m^,88. Les différentes courbes montrent l'influence du réglage du circuit électrique contenant la cellule. Ce circuit étant une ligne de transmission, chaque courbe correspond à une certaine longueur de la ligne exprimée en angle électrique. Les portions de courbe en pointillé indiquent les sauts brusques non mesurables.

3° Pour une tension H. F. donnée, le courant de sortie croît avec la fréquence, passe par un maximum, puis décroît à zéro. Le maximum se

déplace vers les fréquences élevées quand la tension H. F. croît (*fig.* 1 *b* et *fig.* 1 *c*).

4° Les valeurs des fréquences caractéristiques de ces divers phénomènes augmentent quand on passe de la cellule au Cs à la cellule au K, puis à la cellule au Ba.

5° Une polarisation supplémentaire appliquée à l'anode, si elle est positive, provoque une augmentation du courant de sortie. Une tension négative provoque une diminution du courant de sortie, qui peut aller jusqu'à l'annulation complète. Pour des tensions H. F. élevées, il peut y avoir inversion du courant de sortie, mais le courant inverse est toujours très faible.

6° Les phénomènes sont insensibles à l'éclairement de la cellule et se produisent aussi bien dans l'obscurité.

7° Un refroidissement jusqu'à — 140°C. n'arrête pas le phénomène et n'empêche pas celui-ci de s'établir.

8° Une modulation à 10 mégacycles de la H. F. semble sans effet; la cellule ne répond toujours pas aux flux lumineux.

9° Un champ magnétique perpendiculaire à l'axe arrête le phénomène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la périodicité de la réaction de déplacement* Sn-NO_3Ag. Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

La notion de réaction de déplacement à caractère périodique, qui se dégage des observations de Belyaev [1] touchant les stries des figures de corrosion des métaux, a été confirmée par la présente étude de la réaction Sn-NO^3Ag, au cours de laquelle une précipitation périodique de l'argent a été mise en évidence.

L'étain et le nitrate d'argent sont confrontés, non directement, mais par l'intermédiaire de gélatine, en sorte que la réaction débute dès que, par diffusion dans le gel, la solution parvient au contact du métal. Sur une couche de gélatine coulée sur une feuille d'étain, elle-même étendue sur une plaque de verre, on dépose une goutte de nitrate d'argent. La goutte noircit bientôt et, après quelque temps, l'argent précipité vient s'étaler en une couronne concentrique foncée, constituée d'anneaux qui trahissent la rythmicité des processus. Au delà des anneaux sombres, à la suite d'une zone claire où l'attaque de l'étain semble achevée, vient la zone où cette attaque n'est encore qu'en voie d'accomplissement. On remarque que la plage d'attaque, non continue en profondeur, se compose de petites aires individuelles disséminées, qui se multiplient à mesure que la diffusion progresse et finissent par se rejoindre. La distribution de ces foyers

---

(1) *Trudy Sovestичham Voprosam Korrozii*, 1940, p. 39.

d'attaque, en général assez confuse, laisse discerner dans les cas favorables des indices d'arrangement rythmique, à regarder présumablement comme une autre manifestation de la même périodicité de déplacement.

Inhibition de la périodicité propre de Liesegang par la périodicité de la réaction $Sn\text{-}NO^3Ag$. — La périodicité de l'attaque de l'étain au moyen du nitrate d'argent, dont il vient d'être question, exerce une action destructrice sur la périodicité de Liesegang proprement dite (réaction $Cr^2O^7K^2\text{-}NO^3Ag$). Si l'effet inhibiteur ne se laisse guère déceler par la seule substitution de gélatine bichromatée à la gélatine pure de l'expérience précédente, une légère modification des conditions opératoires suffit pour le rendre très net. L'étain n'est plus alors introduit que sous une partie de la gélatine bichromatée, tandis que la goutte de nitrate d'argent est déposée, sur le gel, au niveau du bord de la feuille d'étain, de manière à chevaucher sur la région à étain et sur la région qui en est dépourvue. Dans la région sans étain, qui n'est même pas le domaine propre de la précipitation de l'argent, on constate que le chromate d'argent précipite selon une auréole continue : aspect très différent de celui des anneaux classiques d'une précipitation-témoin de Liesegang, faite à proximité sur la plaque dans des conditions identiques, et séparée préalablement du reste de la préparation par un sillon creusé dans le gel.

L'inhibition d'une périodicité par une autre périodicité milite en faveur des interprétations d'ordre vibratoire, qui ont été proposées pour rendre compte des rythmicités de structure Dans un tel ordre d'idées les effets ici observés seraient à rapprocher de ceux qui ont été décrits, dans la littérature, au sujet du comportement des précipitations périodiques sous irradiation.

MÉTALLURGIE. — *Inhibition de la combustion du magnésium et de ses alliages.* Note de M. **Robert Delavault**.

On sait depuis longtemps éviter l'inflammation du magnésium en le saupoudrant de soufre tandis qu'on le coule. Au cours d'une étude d'ensemble sur la combustion de ce métal (1), j'ai montré que bien d'autres corps pouvaient avoir le même effet, en particulier les fluorures de bore et de silicium, les fluorure, chlorure, fluoborate et fluosilicate d'ammonium. Si l'on considère le volume des produits de la réaction, supérieur à celui du métal qu'ils remplacent, il est possible, en première analyse, d'expliquer la passivité par l'obstacle qu'une couche continue pourrait apporter à la diffusion mutuelle du métal et de l'oxygène. On peut aussi supposer une action destructive sur le nitrure de magnésium, qui égaliserait les tensions superficielles des différents points de la surface, empêchant la formation de ces protubérances par lesquelles se fait la combustion du métal. Mais il suffit d'observer le ralentissement ou l'arrêt de la combustion vive pour constater que ces réactifs agissent aussi sur la flamme, c'est-à-dire sur la réaction du magnésium gazeux avec l'air, ce qui est le premier et indispensable stade de l'extinction.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 419; *Thèse*, Paris, 1935.

De nouvelles expériences ont été faites par action d'un courant d'air renfermant le gaz inhibiteur sur du métal enflammé. Le métal, environ 1^g, était placé sur une lame de fer, qu'il n'attaque pas, dans un tube de verre recourbé vers le haut à son extrémité. Une tubulure, placée avant le métal sur le courant gazeux et tournée vers le bas, permettait de l'enflammer et d'en assurer la combustion complète au besoin dans l'air atmosphérique. Il suffit d'obturer la tubulure inférieure pour substituer presque instantanément au courant d'air le gaz ou le mélange gazeux qu'on veut essayer. Il est déplacé par du mercure à la vitesse de 0,5 cm^3/sec dans un flacon gradué. On constate que l'air sec produit une légère accélération de la combustion; l'afflux est donc plus que suffisant.

Le mélange gazeux est obtenu de la façon suivante : un tube de verre est divisé en ampoules de 5, 10, 20^{cm^3} etc. par des étranglements; il est rempli du gaz à essayer par déplacement; on scelle les ampoules et l'on vérifie que le contenu de la dernière est entièrement soluble dans l'eau, donc que le gaz est bien exempt d'air. Le flacon où se fera le mélange est gradué; il porte deux tubulures et un entonnoir, permettant de le déplacer par du mercure. Tout est soudé ou scellé à la paraffine. Le flacon étant presque rempli de mercure, on introduit de l'air sec par le tube qui servira à la sortie du mélange; on ouvre la tubulure opposée, y introduit l'extrémité brisée de l'ampoule et scelle à la paraffine. En transférant l'arrivée d'air à l'autre extrémité de l'ampoule, au moyen d'un caoutchouc dans lequel on casse la seconde pointe, il suffit de siphonner lentement le mercure pour que l'air sec balaie l'ampoule et en entraîne le contenu dans le flacon; il est aisé de déterminer le volume exact de l'ampoule et d'ajuster par une nouvelle addition d'air sec la composition du mélange. Pour les faibles teneurs, un mélange connu est dilué par un vide partiel et ramené à la pression atmosphérique.

Lorsque l'air contient 0,5 % de fluorure de silicium ou de bore, l'effet d'inhibition se manifeste déjà; non seulement l'éclat de la flamme diminue, mais il peut se condenser du magnésium métallique à quelque distance sur le tube. Des teneurs de 0,1 % ont rarement un effet. Les teneurs de 1 à 0,3 % de fluorure de silicium ou d'anhydride sulfureux, de 1 à 0,2 % de fluorure de bore, suffisent pour éteindre la flamme aussitôt ou en moins de 1 minute.

On voit que des gaz donnant des réactions très dissemblables avec le magnésium, son oxyde et son nitrure, agissent de façon très voisine aux mêmes concentrations. Cela serait tout à fait compatible avec une fixation des atomes activés dans une réaction en chaîne.

Il existe d'ailleurs un accélérateur de la combustion, c'est l'eau. L'humidité diminue ou supprime l'action passivante, même de l'anhydride sulfureux sur lequel elle n'a pas d'action chimique; elle favorise l'inflam-

mation spontanée au cours des opérations de fonderie. Ce sont peut-être les petites quantités d'eau provenant des parois de l'appareil ou de l'hydrogène occlus dans le métal qui causent les variations d'une expérience à l'autre.

On constate en outre que les protubérances d'oxydation sont supprimées, car le métal éteint est lisse sous la couche d'oxyde. Vers 700° le magnésium reste passif dans les atmosphères qui pourraient l'éteindre. Pour des teneurs de 2 % de fluorure de bore et 3 % de fluorure de silicium, il a été possible de diviser le métal au moyen d'un fil de fer sans qu'il s'enflammât. La pellicule superficielle était assez rigide pour lui conserver la forme étirée et l'extrémité filiforme de moins de 1/10 de millimètre était restée inaltérée.

Les alliages de magnésium avec quelques pour 100 de métal étranger restent passifs comme le magnésium pur, sauf ceux de sodium ou de potassium; ceux-ci sont beaucoup plus inflammables et difficiles à éteindre.

Deux faits fondamentaux sont à retenir pour les applications industrielles. L'un, que les passivants agissent à faible dose, si l'on évite les remous d'air qui les diluent par trop et l'humidité qui reste le grand ennemi du magnésium. L'autre, que la présence de vapeur d'eau joue un rôle de toute première importance est trop souvent méconnu dans la fonderie du magnésium, qu'elle provienne des flux de fusion, des moules ou des moyens de chauffage.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage rapide du germanium dans les minerais.* Note de M. **Marcel Orliac**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le germanium est une impureté fréquente des minerais sulfurés; il accompagne souvent les blendes. Sa recherche et sa localisation ont été rendues difficiles, jusqu'ici, par sa concentration relativement faible dans les minerais et par la difficulté des analyses.

Nous avons mis au point une méthode analytique réunissant plusieurs qualités toujours recherchées par le minéralogiste : simplicité, rapidité, sensibilité.

Le dosage s'effectue en trois temps :

1° isolement du germanium sous forme d'une solution de $GeCl^4$ dans l'eau distillée;

2° réaction colorimétrique;

3° mesure photométrique de l'intensité de la coloration.

Isolement du germanium. — Une quantité, soigneusement pesée, du minerai grillé est traitée à froid par l'acide chlorhydrique concentré qui transforme le germanium en $GeCl^4$ soluble, mais volatil. On distille ensuite,

et l'on condense dans de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un volume final déterminé.

Données numériques.

Minerai grillé.....	10^{g}	HCl concentré......	30^{cm^3}
Eau distillée......	20^{cm^3}	Volume final.......	40 »

Réaction colorimétrique. — L'analogie de propriétés du germanium et du silicium nous a fait penser à utiliser comme réactif le stannite de potassium en présence de molybdate d'ammonium. L'acide germano-molybdique, préalablement formé, est réduit par le cation Sn^{++} en donnant, comme avec le silicium [1], une coloration bleue, stable en solution alcaline. L'acidité de la solution germano-molybdique doit être limitée pour éviter l'apparition d'un trouble brun dû au cation Mo^{+++}.

Un volume, défini convenablement, de la solution à doser est neutralisé en présence de phtaléine puis légèrement réacidifié (10 gouttes normales d'acide chlorhydrique concentré) avant d'être étendu à volume déterminé (40^{cm^3}) au moyen d'eau distillée. On ajoute ensuite des volumes définis de solutions de molybdate d'ammonium (1^{cm^3} de solution à 90^{g} par litre) et de stannite de potassium (10^{cm^3} de solution fraîchement préparée contenant, par litre, 5^{g} de chlorure stanneux cristallisé et 300^{g} de potasse).

La coloration ainsi obtenue permet de déceler des concentrations en germanium inférieures à 10^{-4}g/litre. Elle s'intensifie pendant les premières minutes et reste stable pendant des heures après le premier quart d'heure. La fidélité de la coloration est, généralement, très supérieure à 5 %.

Mesure photométrique. — La mesure peut être faite par comparaison visuelle avec des solutions étalons soumises à la réaction colorimétrique en même temps que la solution étudiée. Il est plus commode, cependant, d'utiliser une cellule photoélectrique préalablement étalonnée avec ces solutions.

Résultats. — De nombreux dosages répétés sur un même échantillon de blende ont présenté des écarts extrêmes de 8 %. C'est la limite inférieure de précision de la méthode et les concordances sont généralement bien meilleures.

Avec notre photomètre et dans les conditions indiquées, nous dosons couramment le germanium dans tous les minerais en contenant plus de $2^{g},5$ par tonne. Cette limite pourrait être aisément reculée par transformations simples de notre dispositif photométrique.

La durée d'un dosage isolé est de l'ordre de 1 heure 30 minutes. On peut mener de front un grand nombre de ces analyses.

Le procédé est actuellement appliqué à l'étude générale des blendes pyrénéennes. Nous donnerons ailleurs les résultats obtenus.

---

(1) RIESENFELD, *Manuel pratique de Chimie Minérale*, 1940, p. 330.

CHIMIE DES COMBUSTIBLES. — *Recherches sur la formation des oxydes d'azote au cours de la distillation de la houille.* Note de Mlle **Françoise Magot-Cuvrû.**

Le gaz des fours à coke ainsi que le gaz de houille contiennent de l'oxyde d'azote, cause de différents accidents : provenant de la formation de gommes par action de cet oxyde sur les carbures non saturés du gaz pouvant gêner le fonctionnement des appareils. Le cas s'est récemment présenté à la société de l'E. C. F. M. au sujet de surpresseurs. Ces oxydes d'azote se trouvent en très faible quantité et sont très difficiles à caractériser. Mais quelle est leur origine ?

De nombreux ouvrages parmi lesquels nous pouvons citer celui d'Arnaudeau et de Schlaepfer, nous font supposer qu'ils proviendraient des entrées d'air à l'intérieur des fours, soit par détérioration, soit par porosité de la cornue, et aspiration trop forte. Nous nous sommes proposé de vérifier cette supposition.

Nous avons construit une petite usine : cornue horizontale en terre réfractaire chauffée au gaz dans laquelle nous pouvons distiller 500^g de charbon, et dispositif de flacons laveurs pour épuration (réfrigérant pour les goudrons et laveurs à soude à 20 % et à acide sulfurique à 50 %). Le gaz ainsi épuré est conduit dans un gazomètre d'où il repartira dans l'appareil de dosage.

Nous opérons sur du charbon provenant des mines de Courrières, *petits criblés gras*, donnant à l'analyse :

Humidité		1,00
Sur produit sec	Matières volatiles	28,74
	Cendres	5,72
Cendres % coke		8,02

Nous employons pour le dosage la méthode au permanganate avec laveur en verre frité et réactif de Griess : solution acidifiée d'acide sulfanilique et d'α-naphtylamine qui donne une coloration rouge facilement comparable à une solution étalon obtenue par apport de nitrite de sodium.

Nous avons distillé, dans les mêmes conditions de pression normale à l'intérieur de la cornue, à partir de 600° et jusqu'à 900° compris, en faisant varier la température de 100° à chaque expérience, 500^g de charbon : soit 12 essais réalisés. Les conditions actuelles de pression et de pouvoir calorifique du gaz de ville nous empêchent d'aller plus haut. Mais nous nous proposons, dès que cela sera possible, de poursuivre l'étude jusqu'à 1250°.

Nous avons d'abord expérimenté sur le gaz de ville directement, mais nous n'avons décelé aucune trace d'oxyde d'azote.

1° *En éliminant complètement toute arrivée d'air* nous n'obtenons aucune coloration rose dans chacune de ces cinq distillations, la couleur s'accentue

cependant à mesure que la température s'élève, mais reste absolument inestimable par comparaison.

2° Nous avons alors ajouté un petit gazomètre permettant d'envoyer directement de l'air dans la cornue. En première expérience avec 650$^{cm^3}$ d'air la coloration rose est excessivement pâle, s'accentuant aussi avec la température, mais tout de même plus foncée que celle obtenue sans entrée d'air. Il n'est pas possible encore d'apprécier la comparaison avec le témoin.

3° En troisième expérience nous avons envoyé 1400$^{cm^3}$ d'air. Nous avons alors obtenu un virage appréciable nous donnant les résultats suivants :

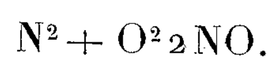
T°C. de distillation...........	600	700	800	850	900
Teneur en NO en mg/m³......	0,0051	0,0059	0,0071	0,0078	0,0086

Ces calculs furent obtenus d'après une courbe d'étalonnage du dosage rétablie avec des quantités connues de NO.

Nous pouvons donc conclure de cette étude que la proportion d'oxyde d'azote dans le gaz de houille est inexistante lorsque la distillation est effectuée rigoureusement à l'abri de l'air, qu'elle apparaît dès qu'il y a une entrée d'air; que, pour un même volume d'air, cette proportion croît avec la température, et enfin que plus il y a d'air plus la quantité d'oxyde d'azote est grande.

Nous avons alors voulu comparer cette production de bioxyde d'azote à celle que fournirait l'équilibre

$$N^2 + O^2 \; 2NO.$$



En prenant pour constante d'équilibre la valeur de Nernst

$$\text{Log}\,K = 1,09 - 9452\,T^{-1},$$

on trouve les chiffres comparatifs suivants; mais il faut tenir compte du fait que le gaz de houille contient environ 2.10^{-2} à 5.10^{-2} d'azote. Au lieu de la teneur : $1,7.10^{-5}$, la teneur en NO se trouve relevée dans le rapport $\sqrt{2.10^{-2} : 1;\ 7.10^{-5}}$ à $\sqrt{5.10^{-2} : 1,7\ 10^{-5}}$, ou 33 à 54 fois.

T°C.	NO en mg/m³ de gaz. Théorie.	Pratique.
600...............	0,0033 à 0,0055	0,0051
700...............	0,013 » 0,0216	0,0071
800...............	0,043 » 0,070	0,0071
850...............	0,06 » 0,097	0,0078
900...............	0,066 » 0,108	0,0086

Cette production d'oxyde d'azote dans la distillation provient donc uniquement de la combustion imcomplète de l'azote par l'oxygène, et non, comme on pouvait le penser, d'une réaction de l'air avec les produits ammoniacaux du charbon.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les différentes variétés calcinées de magnésie.* Note de M. **Yvan Schwob**, présentée par M. Charles Mauguin.

On sait que la calcination de la magnésie modifie considérablement certaines de ses propriétés. La magnésie dite *légère*, obtenue par calcination à basse température (500 à 600°) du carbonate précipité a une densité voisine de 3,1 [1]; l'eau et les acides dilués agissent sur elle avec beaucoup de facilité. Par calcination répétée à des températures croissantes, la densité augmente régulièrement, et, au delà de 1200°, on obtient une variété dite *lourde*, ayant une masse spécifique voisine de celle du périclase (3,67), très difficilement soluble dans les acides étendus et pratiquement inattaquable par l'eau.

J'ai étudié systématiquement, au microscope et aux rayons X, divers échantillons de magnésie calcinée. Voici les résultats obtenus :

La magnésie légère qui a servi de point de départ à mes essais a été préparée par cuisson à 600° du carbonate hydraté de magnésium, lui-même obtenu en faisant barboter du gaz carbonique dans une suspension tiède d'hydrate colloïdal de magnésie, jusqu'à réaction neutre à la phtaléine. Au microscope le produit a l'aspect de particules très ténues, agglomérées en baguettes résultant d'une pseudomorphose de l'hydro-carbonate.

Calciné jusqu'à 1400°, ce produit accuse une tendance très marquée à l'agglomération. Vers 900°, la forme aciculaire du produit initial commence à disparaître et, au delà de 1000°, apparaissent, au sein de la poudre, des amas granuleux dont le nombre et la taille croissent avec la température.

L'examen aux rayons X de ces poudres permet d'en préciser les caractères cristallographiques. La magnésie légère présente des raies dont la largeur permet, par la formule de Bragg, d'évaluer à 0,01 micron, environ, la dimension des cristallites. Les diagrammes des différentes variétés calcinées de magnésie, réalisés dans les mêmes conditions expérimentales, sont absolument identiques entre eux, quant au nombre, à la disposition et à la largeur des raies; seule leur intensité a progressivement augmenté avec la température de cuisson, ce qui peut être lié à une augmentation de densité de la poudre. Dans tous les cas la calcination de la magnésie n'a entraîné de modification ni dans la dimension moyenne des cristallites, ni dans les dimensions absolues de leurs mailles élémentaires qui auraient dû varier d'environ 6 % si l'augmentation de poids spécifique correspondait à une contraction du réseau. La variation des propriétés de la magnésie ne peut donc trouver son explication dans une modification cristallographique de ses particules.

---

(1) A. Ditte, *Comptes rendus*, 73, 1871, p. 270.

Lorsqu'on abandonne la magnésie lourde pendant quelques heures à l'air, les amas granuleux dont elle est formée se recouvrent d'un voile anisotrope, présentant, entre nicols croisés, des extinctions roulantes. La formation de ces produits d'altération trahit par épitaxie l'orientation mutuelle encore confuse, mais certainement amorcée, des cristallites cubiques de magnésie assemblés au cours de la cuisson. Bien que la calcination n'ait pas provoqué un véritable grossissement des cristallites de magnésie, mais simplement un accolement plus ou moins ordonné, elle a eu pour conséquence une réduction considérable de la surface totale de la poudre.

Conclusion. — L'examen aux rayons X montre que la magnésie légère et la magnésie lourde sont cristallographiquement identiques. C'est donc à un phénomène secondaire de surface, probablement à l'adsorption de gaz atmosphériques par la poudre, que la variation des poids spécifiques doit être attribuée. Par calcination à températures croissantes, la magnésie abandonne progressivement les gaz occlus, en même temps que ses cristallites s'agglomèrent en édifices plus vastes où leur surface totale est fortement réduite, d'où la diminution de réactivité et de pouvoir absorbant. A l'appui de cette hypothèse, soulignons que les propriétés adsorbantes de l'oxyde de magnésium sont déjà signalées : par exemple, d'après Hagyard (2), 100^g de magnésie légère issue du carbonate peuvent, à température ordinaire, retenir près de 6^{cm^3} d'azote; si ce gaz occlus gardait son poids spécifique propre, il provoquerait une chute de densité de l'ordre de 0,75, dépassant amplement la variation réelle; on comprend que celle-ci puisse résulter d'une gaine de gaz adsorbé, quoique le volume spécifique moyen de ce dernier soit inférieur à celui du même gaz pris dans les conditions normales.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Étude de l'eau de cristallisation par l'effet Raman.* Note de MM. **Étienne Canals** et **Roger Marignan**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous, en examinant plus d'une vingtaine de corps différents, de formes cristallines différentes, de degré d'hydratation variable, a pu se rendre compte de la diversité spectrale de l'eau de cristallisation (1) et confirmer l'étude des spectres d'absorption faite dans le même but par L. Passerini (2). Il semble que l'eau d'hydratation ait un mode de

---

(2) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 2055.

(1) E. Canals et P. Peyrot, *Xe Congrès Int. Chimie*, Rome, 1938; *Comptes rendus*, **207**, 1938, pp. 224 et 1179; E. Canals et H. Collet, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 212.

(2) *Gazzetta chimica italiana*, **65**, 1935, p. 502.

fixation particulier pour chaque hydrate cristallisé. C'est la suite de ces recherches que nous présentons aujourd'hui.

Nous avons étudié la région des bandes caractéristiques de l'eau et de l'ammoniaque (2800 à 3600 cm^{-1}) en utilisant les acides oxalique et tartrique ainsi que certains de leurs sels alcalins.

Voici nos résultats :

Les fréquences sont exprimées en cm^{-1} et nous donnons pour chacune d'elles leur intensité relative avec la notation suivante :

ff, très faible; f, faible; Ff, moyenne; F, forte; FF, très forte; l, raie large; b, bande; (larg 20), largeur de la bande = 20 cm^{-1}.

$C^2O^4H^2$, $2H^2O$ (clinorhombique). — 3429 F b (larg 32); 3477 Ff b (larg 20).
$C^2O^4H^2$, C^2O^4HK, $2H^2O$ (triclinique). — 3443 Ff b (larg 36); 3493 f l.
$C^2O^4K^2$, H^2O (clinorhombique). — 3244 f b (larg 70); 3413 ff b (larg 60).
$C^2O^4H^2$, $C^2O^4HNH^4$, $2H^2O$ (triclinique). — 3150 f b (larg 100); 3440 f b (larg 72); 3620 f b (larg 36).
$C^2O^4HNH^4$, H^2O (orthorhombique). — 2920 f b (larg 57); 3050 f b (larg 94); 3210 f b (larg 42); 3430 f b (larg 81).
$C^2O^4(NH^4)^2$, H^2O (orthorhombique). — 2881 Ff b (larg 56); 3024 F b (larg 103); 3242 Ff b (larg 138); 3398 ff l; 3480 ff l.
$C^4O^6H^6$ (clinorhombique). — 2931 FF; 2964 FF; 3124 f; 3331 f; 3422 Ff.
$C^4O^6H^5K$ (orthorhombique). — 2975 F; 2987 F; 3174 Ff; 3322 Ff; 3467 f l.
$C^4O^6H^4K^2$, 1/2 H^2O (clinorhombique). — 2935 F; 2973 ff; 3290 Ff l; 3340 ff.
$C^4O^6H^4Na^2$, $2H^2O$ (orthorhombique). — 2926 F; 2973 F; 3395 f l.
$C^4O^6H^4KNa$, $4H^2O$ (orthorhombique). — 2940 F; 2987 F; 3170 Ff b (larg 46); 3270 f b (larg 110); 3418 Ff b (larg 171).
$C^4O^6H^5NH^4$ (orthorhombique). — 2964 F; 2980 F; 3150 Ff; 3175 Ff; 3320 f b (larg 50); 3510 f b (larg 67).
$C^4O^6H^4(NH^4)^2$ (orthorhombique). — 2914 F; 2945 F; 3015 f b (larg 60); 3180 f l; 3368 Ff l; 3436 Ff l.
$C^4O^6H^4NaNH^4$, $4H^2O$ (orthorhombique). — 2917 F; 2988 F; 3150 ff b (larg 40); 3290 f b (larg 60); 3404 f b (larg 70); 3495 f b (larg 60).

Conclusions. — 1° Les bandes caractéristiques de l'eau de cristallisation de l'acide oxalique sont à peine modifiées lorsqu'une faible partie de l'acidité est salifiée. Au contraire, avec le sel neutre il y a modification des bandes de l'eau : diminution importante de fréquence et d'intensité. Il semble donc que l'eau de cristallisation ait un mode de fixation différent dans l'acide et dans le sel neutre, le système cristallin étant le même dans les deux cas.

Pour les oxalates d'ammonium hydratés on retrouve certaines bandes de l'ammoniaque et de l'eau. Les bandes de l'ammoniaque sont d'autant plus nettes que le taux d'azote augmente. Les trois bandes de l'ammoniaque liquéfiée ou dissoute [bande centrale à 3300 cm^{-1} avec ses deux ailes à 3210 et 3380 (4)] se retrouvent dans le bioxalate et l'oxalate neutre;

(4) DAURE, KASTLER et BERRY, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 569.

dans le quadroxalate, seule la bande centrale apparaît. En outre, il y a diminution très grande de la fréquence des trois bandes par rapport à l'ammoniaque liquéfiée ou dissoute. Quant aux bandes de l'eau, elles apparaissent sans changement sensible de fréquence, mais elles sont plus larges et à peine visibles. Il semble que les bandes de l'eau soient gênées dans leur émission par celles de l'ammoniaque.

2° Dans la série des tartrates, on retrouve avec de légères variations de fréquence les raies caractéristiques du groupement ν(C-H) (2900 à 3000 cm^{-1}). Avec les sels de potassium ou de sodium, anhydres ou hydratés, on observe dans la zone 3200 à 3500 cm^{-1}, où se situent les bandes de l'eau, soit des raies, soit des bandes : des raies faibles avec les sels anhydres; mais, avec les sels hydratés, des bandes d'autant plus larges que le sel est plus riche en eau. Ce sont donc bien là les bandes caractéristiques de l'eau d'hydratation. Quant aux raies assez faibles que l'on obtient dans cette même région avec les sels anhydres, on peut penser à la vibration ν(O-H) de la fonction alcool, vibration que l'on observe très difficilement lorsqu'on utilise les corps liquides.

En ce qui concerne les sels ammoniacaux anhydres ou hydratés, on trouve dans la région précitée des bandes peu accusées et correspondant sensiblement aux bandes de l'ammoniaque et de l'eau. Mais là encore ces bandes paraissent se gêner mutuellement, car on ne les observe qu'après de très longues poses.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les gradins concentriques propres à la structure* cone-in-cone. Note de M. **Antoine Bonte**, présentée par M. Charles Jacob.

La structure *cone-in-cone* présente deux caractères essentiels : 1° une disposition en cornets emboîtés; 2° la présence fréquente sur ces cornets de rides annulaires assez régulières, appelées gradins. Les deux caractères correspondent à des phénomènes distincts et indépendants l'un de l'autre dans le temps.

La disposition en cornets est due à une cristallisation périodique [1], suivant des surfaces coniques emboîtées (cônes-enveloppes), constituées par des fibres qui dessinent des chevrons en section axiale et forment un angle variable avec les génératrices des cônes.

Quant à la formation des gradins, elle a été attribuée par M. Denaeyer [2] à un phénomène analogue au boudinage, et cet auteur admet que les cornets et les rides qui ornent leur surface ont été produits simultanément par un processus de détente. Cependant, outre que l'on conçoit mal un

---

(1) R. Gay, *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 500-502.
(2) *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydrol.*, **50**, 1940-41, pp. 74-77, 2 fig.

étirement des filets sédimentaires aboutissant à des formes aussi aiguës que les cônes, cette interprétation ne peut être retenue pour plusieurs raisons : 1° la structure en houppes, avec rebroussement des filets argileux, n'est pas expliquée par cette hypothèse; 2° le boudinage donnerait des festons symétriques et non pas les gradins superposés très bien représentés par M. Denaeyer (2, *fig.* 2, p. 76); 3° argument décisif : à l'intérieur d'un nodule, la structure *cone-in-cone* peut se propager à travers des filets sédimentaires à peine déformés.

L'observation minutieuse, poursuivie depuis 1937, de nombreux échantillons à structure *cone-in-cone* me met en mesure de fournir aujourd'hui, pour les gradins, une nouvelle interprétation que développera un Mémoire que je résume ci-après.

La structure en chevrons étant acquise au cours d'une première phase, d'ordre chimique, ce sont des phénomènes mécaniques qui, ultérieurement, réalisent la formation des gradins. Sous l'effet d'une compression latérale d'origine difficile à préciser [pression des terrains surincombants, consolidation du sédiment avec contraction, transformation minéralogique avec augmentation de volume (aragonite en calcite, par exemple) etc.] une partie de la masse chevronnée tend à être expulsée le long de surfaces privilégiées, qui sont précisément les surfaces coniques suivant lesquelles la cristallisation s'est effectuée (Nagelkalk). Si les chevrons élémentaires avaient la même ouverture que ces surfaces coniques, il y aurait uniquement glissement le long des fibres cristallines, puis décollement sans formation de gradins. Mais on sait que les chevrons recoupent obliquement les cônes-enveloppes. La séparation des cornets s'effectue alors, au voisinage de la surface de discontinuité cristallographique, suivant un double processus : glissement le long des fibres, à la faveur des impuretés intercalées, et arrachement transversal aux fibres.

Le déboîtement par glissement et arrachement ne peut s'effectuer normalement que dans le cas où les fibres cristallines élémentaires sont orientées de la même façon que les génératrices du cône. Il y a alors simplement séparation des cornets, puis interposition de substances étrangères, amorphes ou cristallines (*gradins sur les cônes positifs et négatifs*). Si, au contraire, les fibres cristallines sont inclinées en sens inverse, les rides annulaires des deux surfaces coniques restent engrenées, le déboîtement n'est plus possible et les gradins doivent être déformés pour permettre l'expulsion des cônes :

1° La déformation peut être limitée à un rebroussement des arêtes vers l'apex, pour le cône positif; vers la base, pour le cône négatif (*structure en houppes*).

2° Elle peut entraîner, par laminage, le chevauchement de gradins contigus (*structure festonnée*, improprement appelée *microboudinée*).

3° Fréquemment elle aboutit au broyage d'une partie des rides annulaires. Comme leur

insertion sur les cônes positifs se fait suivant une surface plus réduite que sur les cônes négatifs, ce sont généralement les gradins du cône positif qui disparaissent pour permettre le déboîtement des cornets (*cônes négatifs à gradins, cônes positifs lisses*).

En résumé, la structure *cone-in-cone* typique se réalise en deux temps : 1° cristallisation périodique, sous l'influence de matières organiques en voie de décomposition ([3]), donnant naissance à la structure en chevrons; 2° expulsion des cônes, par glissement longitudinal et arrachement transversal des fibres cristallines; il y a alors formation de gradins, normalement constitués, si le décollement est possible; déformés ou partiellement laminés, dans le cas contraire.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des poudingues dits* de Mendibelza *dans la haute vallée de la Nive et le massif de l'Erroçaté*. Note de M. **Pierre Lamare**, présentée par M. Charles Jacob.

Le massif paléozoïque de Mendibelza, situé à l'angle SW de la feuille de Mauléon, est en majeure partie constitué par une accumulation considérable de poudingues siliceux, reposant en discordance sur le Carbonifère; E. Fournier les a attribués au Permien, sous le nom de *poudingues de Mendibelza* ([1]). Personne n'a jamais mis en doute leur âge, sauf Stuart-Menteath, qui persista à y voir du Crétacé supérieur.

En étudiant la vallée de la Nive de Béhérobie, à l'amont d'Estérençuby, j'ai été amené à constater que certains schistes et grès, classés comme carbonifères sur la carte, offraient tous les caractères de ceux du Crétacé inférieur, et aucun de ceux des dépôts carbonifères de la région. Poursuivant mes recherches sur les poudingues eux-mêmes, que Fournier déclarait sans fossiles, j'y ai découvert des blocs de marbres urgo-aptiens bien caractérisés par leur faune (notamment sur la rive droite de la Nive, à 1^{km} au S d'Estérençuby). Au NNW de la même localité, ils reposent en transgression sur les grès bigarrés, et en contiennent alors de nombreux blocs à peine arrondis. Ailleurs (flanc W du pic d'Arthé), ils renferment de nombreux galets d'ophite. Enfin, sur le flanc E du pic Arranohéguy, entre le sommet d'Erroçaté et les chalets d'Archilondo, j'ai pu observer dans les poudingues une intercalation de marnes gréseuses identiques à celles de l'Albien du reste de la Basse-Navarre, et m'ayant fourni *Orbitolina* cf. *subconcava* Leym., ainsi que des empreintes d'Ammonites ([2]).

([3]) A. Bonte, *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 498-500.

([1]) En basque, la *montagne noire*, du nom d'un sommet situé entre la forêt d'Iraty et la vallée du Laurhibar.

([2]) Les fossiles ont été trouvés le long du chemin qui contourne, à la cote **1180**, le flanc E du pic Arranohéguy, à 360^m au N 85° E du sommet coté **1289** sur le P. D. 1/20000 (Feuille XIII-46 Saint-Jean-Pied-de-Port, coupure n° 8), et **1286** sur la carte d'E.-M. (sur laquelle le gisement coïncide avec le second **a** du mot Arranohéguy).

Il s'agit là d'une bande peu épaisse (10 à 20^{m}), que j'ai suivie sur $1^{km},2$ entre deux masses de poudingues. Elle est nettement interstratifiée dans les poudingues, et non pincée par suite d'un repli ou d'une cassure : les marnes contiennent par places des galets épars, identiques à ceux des masses environnantes, et même quelques lits interstratifiés de poudingues. Une concordance absolue avec les gros bancs de poudingues encaissants est de règle.

D'autres bandes marno-gréseuses de même nature existent plus au N, notamment sur les pentes septentrionales du pic Atharburu, et sur le flanc SE du pic d'Arthé. Au surplus, les schistes et grès albiens sont associés aux mêmes poudingues, et partout ces diverses formations s'interpénètrent.

Ainsi donc la preuve est faite que la série puissante de poudingues qui s'étend sur 2^{km} au N du massif de l'Erroçaté, et mesure au moins 1000^{m} de puissance, doit être rattachée au Crétacé inférieur. Je n'entends pas en conclure à l'absence de poudingues permiens dans le massif de Mendibelza. Je pense au contraire que les formations de la lisière N, tant dans le haut bassin du Saison (gaves de Larrau et de Sainte-Engrâce) qu'au flanc des pics de Mendibelza et des Escaliers, appartiennent bien au Paléozoïque. Mais il faut en séparer, malgré leur presque identité d'aspect, les poudingues crétacés de la partie occidentale du massif : ils ne diffèrent que par leur ciment gréseux plus développé, et souvent friable, ainsi que par les dimensions moyennes plus faibles de leurs éléments.

Le Crétacé inférieur n'était connu jusqu'à maintenant que plus au N, dans le massif des Arbailles : c'est à tort qu'on assignait à la transgression crétacée sur le massif de Mendibelza, un âge cénomanien.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Cambrien dans la région de Talzaza (Confins algéro-marocains du Sud).* Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans la région de Talzaza, à une quarantaine de kilomètres au Nord de Colomb-Béchar, il existe une puissante série gréseuse, sous-jacente aux schistes gothlandiens à Graptolites et que j'ai attribuée, sans preuve paléontologique, au Cambro-Ordovicien [1]. Je puis aujourd'hui confirmer cette attribution.

A une dizaine de kilomètres au Nord-Ouest de Talzaza se trouve un petit relief, le Djebel Tibalicine, où l'on relève la coupe suivante :

Sur un substratum de roches volcaniques, essentiellement rhyolitiques, repose un conglomérat, d'une centaine de mètres d'épaisseur, à éléments

---

[1] *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 6, 1936, p. 132.

de granite et de roches volcaniques empruntés au soubassement voisin.

A son sommet ce conglomérat passe insensiblement à des grès plus ou moins lités et à patine noire. C'est dans ces grès qu'on trouve des empreintes parfaitement reconnaissables d'*Ellipsocephalus*, bien connues dans l'Acadien du Sud Marocain (²).

Plus haut commence une épaisse série de grès verts schisteux avec des niveaux plus ou moins compacts. Dans la partie supérieure de ces grès j'ai trouvé des débris de grands Trilobites, probablement des Asaphidés ordoviciens.

Tandis que, dans le djebel Tibalicine lui-même, les grès et les conglomérats reposent directement sur les roches volcaniques; au Nord-Est de ce djebel on voit apparaître, en dessous des grès acadiens, une série calcaire bien individualisée. Formée de bancs calcaires plus ou moins dolomitiques et de lits schisteux ou gréseux, cette série est bien visible à Menabha, où elle paraît concordante avec les grès acadiens qui lui font suite.

Au Sud-Ouest de Menabha, on suit les calcaires jusqu'à l'Oued Tibalicine, mais on ne les retrouve plus de l'autre côté de la vallée : leur disparition s'opère sur quelques centaines de mètres sous les alluvions de l'oued. C'est à peine si l'on rencontre de temps en temps au milieu des conglomérats quelques lentilles calcaires fortement chargées de galets.

Ces conglomérats sont d'ailleurs lenticulaires et semblent disparaître à peu près complètement vers le Sud et l'Ouest.

La position de la série calcaire au-dessous de l'Acadien daté, son indépendance stratigraphique et sa composition lithologique permettent de la considérer comme géorgienne. Cet étage est d'ailleurs largement développé, sous le même faciès, dans tout le Sud Marocain, et L. Clariond (*loc. cit.*) (²) a déjà signalé, dans l'Ougnat, la transgressivité de l'Acadien par rapport au Cambrien inférieur.

On retrouve les calcaires dolomitiques géorgiens plus au Nord, jusqu'à la bordure méridionale du Tamlelt (région d'Aïn Chaïr). Ils se présentent le plus souvent en une série d'arêtes orientées Est-Ouest et plongeant alternativement au Sud et au Nord. Mais, tandis que dans les arêtes de Menabha et de Timenknas les bancs calcaires sont intacts et plongent régulièrement, dans les arêtes situées plus au Nord, les couches sont laminées et énergiquement plissotées.

En résumé, il existe dans la région de Talzaza de l'Acadien fossilifère transgressif vers le Sud par rapport aux calcaires géorgiens probables. Ainsi l'extension du Cambrien sud-marocain peut être prolongée vers l'Est de plus de 200^{km}.

(²) L. CLARIOND, *Association pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale*, 5, XII, 1935, p. 5.

GÉOLOGIE. — *L'antécambrien dans l'Adrar des Iforas (Sahara soudanais et algérien).* Note de M. **Roman Karpoff**, présentée par M. Charles Jacob.

L'Adrar des Iforas est une importante digitation du système montagneux cristallin du Hoggar vers le Sud-Ouest. D'une altitude n'atteignant jamais 1000^{m}, les sommets principaux s'y répartissent dans la région de Bouressa et dans deux zones grossièrement méridiennes, passant l'une à l'Est de Tessalit, l'autre à l'Ouest de Tin Zaouaten.

Ce massif est entouré d'une pénéplaine antérieure au Cambrien qui disparaît en bordure sous des sédiments subhorizontaux plus récents. Au Nord, à l'Ouest et au Sud-Ouest cette couverture date du Continental intercalaire, du Crétacé et de l'Éocène; tandis qu'au Sud, à l'Est et au Nord-Est elle est cambro-ordovicienne et formée de bancs gréseux, affleurant sur de grandes distances.

A une centaine de kilomètres à l'Ouest de l'Adrar des Iforas, le cristallin réapparaît en affleurements isolés de peu d'étendue. Citons du Nord au Sud : le Tadoulilt (1), le Tidjerazrazzé, le Tin Teborak, le Tirkine, le Tadhak, le Tabelrechou, le Tin Lillou et le Timetrine.

Une coupure stratigraphique a été indiquée par C. Kilian dans le complexe cristallin du Hoggar (2). Un conglomérat sépare le Suggarien à la base du Pharusien, plus récent. Cette subdivision est applicable à l'Adrar des Iforas, où il existe un important conglomérat bien connu, passant par le Mont Achamor. Ce conglomérat repose sur des séries très métamorphiques, et il est surmonté vers l'Est par des assises pas ou peu métamorphiques, mais le devenant de plus en plus jusqu'à atteindre, dans les chaînes situées à quelques kilomètres à l'Ouest de Tin Zaouaten, la catazone avec un conglomérat gneissifié et écrasé. Le conglomérat, que l'on recoupe ainsi deux fois en allant de Tin Zaouaten vers l'Occident, met en relief un immense synclinal légèrement dissymétrique, formé de roches pharusiennes.

Un conglomérat discordant sur un substratum très métamorphique a été également reconnu près d'Aguelhoc, poste situé près de la vallée du Tilemsi, et il se retrouve en maints endroits au Nord et au Sud de cet affleurement, mais sa position stratigraphique n'est pas encore clairement définie.

En général le Suggarien est formé des séries les plus métamorphiques. Certains gneiss, leptinites ou amphibolites peuvent avoir une origine douteuse et appartenir soit aux ortho- soit aux para-gneiss. Par contre

(1) Visité par A. Cornet en 1943.

(2) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1932, p. 87. Voir aussi M. Lelubre, *Trav. Institut Rech. sahariennes*, 2, 1943, p. 55.

d'autres roches dérivent nettement de roches sédimentaires avec des associations de cipolins, de quartzites, d'amphibolites, d'itabirites, de disthénites etc. Des conglomérats interstratifiés se présentent quelquefois, accompagnés de roches vertes. Des schistes mylonitiques apparaissent en longues bandes, soulignant des zones d'écrasement (Arli).

Le Pharusien, conglomératique à la base, est essentiellement gréso-schisteux; un métamorphisme croissant s'y manifeste avec des roches variées : chloritoschistes, épidotites, schistes lustrés et tachetés, micaschistes, amphibolites, quartzites, gneiss à un ou deux micas etc.

Les séries suggariennes sont affectées de dislocations très accusées, tandis qu'au-dessus, avec les séries pharusiennes, il s'agit de plissements de style appalachien, toutefois encore assez complexes. L'axe général des accidents reste approximativement Nord-Sud, légèrement incliné vers l'Est.

Les roches éruptives appartiennent surtout à des types acides. Actuellement on peut déjà y distinguer au moins trois époques de formation des granites. Un granite très ancien, à grain fin se rencontre d'habitude sous forme de cailloux roulés dans le conglomérat de base du Pharusien, mais un affleurement au moins en existe au Nord de l'Adrar Denat; ce granite est légèrement orienté. Le granite porphyroïde, apparu ensuite, surgit dans l'Adrar des Iforas en d'énormes bourgeons dont les principaux affleurements coïncident avec les zones de relief élevé définies ci-dessus; il est latéralement contaminé au contact de gabbros plus anciens que lui. Un granite à grain fin se montre enfin en dykes ou en petits massifs recoupant le granite porphyroïde dans la région de l'Adrar Tadhak, au Nord du Timetrine; il pourrait avoir le même âge que les granites hyperalcalins à pyroxène et amphibole sodiques de l'Adrar des Iforas.

Des rhyolites anciennes ont crevé le plancher cristallin dans deux zones principales. Leur masse se localise aux Adrars Izelilène, Tirarar et Achou d'une part, à l'Adrar Felorfchor d'autre part, avec un massif isolé dans la région de Bouressa (Adrar Anjour). Des dykes rhyolitiques forment des reliefs dans l'Adrar Tidjerazrazzé, loin dans les régions occidentales.

Les roches volcaniques basiques sont pratiquement inexistantes dans l'Adrar. On trouve cependant de petites masses de basaltes au Nord-Est du Mont Achamor et un volcan basaltique près de Tin Zaouaten. Ces épanchements sont récents et à rattacher aux venues basaltiques du Hoggar.

MÉTÉOROLOGIE. — *Ozone et cyclogénèse.*

Note de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons proposé (1) une nouvelle théorie radiative de formation des dépressions atmosphériques (cyclogénèse), qui fournit accessoirement

(1) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 504.

une explication de l'origine de tout ou partie de l'ozone atmosphérique : la cyclogénèse serait due essentiellement à l'échauffement de la basse stratosphère, résultant lui-même de l'action de la vapeur d'eau sur des corpuscules solaires ou cosmiques, et cette action produirait en même temps l'apparition d'ozone. Ainsi s'expliquerait très simplement la forte corrélation négative que l'on constate entre la pression et l'épaisseur d'ozone.

La théorie se heurte à une très sérieuse objection : il paraît difficile d'admettre, en effet, que des corpuscules puissent parvenir jusqu'à la base de la stratosphère. Mais cette objection disparaît si l'on admet que les corpuscules sont des neutrons rapides, qui ont la propriété de n'être pratiquement arrêtés que par les atomes d'hydrogène; or aux grandes altitudes ces derniers n'existent pratiquement que dans la vapeur d'eau, donc leur concentration est très faible. L'action consisterait ainsi en une dissociation des molécules d'eau par les neutrons, les atomes d'oxygène libérés se fixant aussitôt sur des molécules d'oxygène en donnant de l'ozone.

Il existe d'ailleurs deux expériences cruciales dont la réalisation serait relativement facile, mais que nous n'avons pas pu entreprendre jusqu'ici faute de moyens matériels : 1° exploration de la basse stratosphère par des appareils indicateurs de neutrons, à l'aide de radiosondes ou d'anions; 2° action, en laboratoire, d'un faisceau de neutrons sur une colonne d'air humide, afin de voir s'il y a effectivement production d'ozone.

Il convient de signaler d'autre part que la corrélation entre la pression et l'épaisseur d'ozone n'a été vraiment établie qu'aux latitudes moyennes, où elle peut s'expliquer tout aussi bien par un effet d'advection méridienne; il y aurait donc lieu d'effectuer également des mesures d'ozone dans les zones tropicale et équatoriale, et aussi dans les régions méditerranéennes, et de vérifier qu'il y a bien un maximum d'ozone dans les dépressions fermées, où l'advection d'air polaire ne peut alors plus être mise en cause; comme régions particulièrement indiquées, citons l'Italie, les Balkans, l'Afrique du Nord, le Sahara.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Les actions de divers agents cancérigènes sur la respiration cellulaire.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il est possible de mettre en évidence la propriété que possède le benzopyrène de diminuer le pouvoir d'oxydation de la cellule vivante ([1]). Cette propriété appartient-elle chez d'autres cancérigènes ? Mlle Y. Pourbaix ([2])

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 494.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1222; **113**, 1933, p. 390.

et E. et N. E. Boyland ([3]) ont montré que le dibenzanthracène inhibe la respiration des tissus. D'autre part Mlle Pourbaix a constaté que le styryl 430 inhibe l'oxydation et la fermentation du glucose de la cellule vivante ([4]). Nous étudions deux cancérigènes : le méthylcholanthrène et le styryl 430 avec la technique déjà décrite. Toutes nos expériences sont faites en milieu Ringer.

Méthylcholanthrène. — Les dissolutions de méthylcholanthrène, aux concentrations de 1/50 000 à 1/5000, agissant sur la glande salivaire vivante de la larve de Chironome, diminuent le pouvoir oxydant des cellules, comme le montre l'action sur les leucodérivés des substances suivantes : phénosafranine, rouge neutre, vert Janus, vert brillant, violet de crésyl. Les cellules de la glande normale réalisent une oxydation plus rapide et plus intense du leucodérivé absorbé que l'oxydation réalisée par les cellules de la glande symétrique du même organisme ayant subi l'action du cancérigène. La durée de l'action doit être de 30 minutes pour les solutions de faibles concentrations; elle peut être de 10 à 15 minutes pour les solutions à concentrations fortes.

Une solution de méthylcholanthrène à 1/4000, agissant 50 minutes sur de très jeunes ovules d'Orchis, diminue le pouvoir oxydant des cellules, car les ovules traités réoxydent d'une façon moins rapide et moins intense le leucodérivé du violet de crésyl que des ovules semblables du même organisme qui n'ont pas subi l'action du cancérigène.

Styryl 430. — Le styryl 430 à 1/20 000, agissant de 20 à 50 minutes, diminue le pouvoir oxydant des cellules de la glande salivaire de la larve de Chironome. Dans chaque expérience, les cellules traitées réalisent une oxydation moins rapide et moins intense du leucodérivé que l'oxydation réalisée par les cellules de la glande symétrique du même organisme n'ayant pas subi l'action du styryl. Les leucodérivés des colorants ci-dessous : phénosafranine, rouge neutre, bleu de toluylène donnent des résultats nets.

Quand le styryl 430 agit à des concentrations plus faibles, et pendant 5 à 10 minutes seulement, on obtient assez souvent une action inverse. Le styryl se montre alors capable d'élever le pouvoir oxydant intracellulaire. Cette inversion, déjà signalée pour le benzopyrène ([1]), existe aussi pour le méthylcholanthrène. Elle dépend de la concentration de la solution utilisée, les concentrations faibles étant plus favorables, mais un autre facteur intervient aussi, la sensibilité de l'individu traité au cancérigène. Une étude faite sur les cellules de la glande salivaire de la larve de Chironome nous a permis de fixer les limites des concentrations favorables à

([3]) E. Boyland, *Bioch. Journ.*, **28**, 1934, p. 244.

([4]) *Acta Uni. intern. contre cancer*, **3**, 1938, p. 31.

l'action de diminution du pouvoir oxydant intracellulaire; elles sont de 1/50 000 à 1/5000 pour le méthylcholanthrène. Dans ces limites l'inversion est un fait exceptionnel, mais qui n'est pas exclu.

Si le pouvoir cancérigène d'une substance est lié à sa qualité de diminuer la capacité d'oxydation de la cellule, les diverses substances étudiées devraient pouvoir, exceptionnellement, se comporter comme anticancéreuses. Effectivement Haldow, par des injections de dibenzanthracène ou de benzopyrène (5); K. H. Bauer, par des injections de benzopyrène (6), ont obtenu des inhibitions de croissance des tissus cancéreux.

En résumé, des substances cancérigènes agissant à des doses convenables diminuent le pouvoir d'oxydation de la cellule vivante. Comme cette action peut se manifester sur des types cellulaires très variés (1), il faut penser qu'elle touche à un des mécanismes fondamentaux de la respiration cellulaire.

Des agents cancérigènes autres que les substances chimiques possèdent la même qualité et provoquent des modifications analogues de la respiration cellulaire. Les rayons X, agissant à doses convenables, diminuent la respiration cellulaire; or, les rayons X peuvent constituer un agent cancérigène. D'autre part G. Roskin (7), dans ses recherches sur le diagnostic des cellules cancéreuses, montre que ces cellules se colorent plus faiblement que les cellules normales par le leucodérivé du bleu de méthylène. Nous estimons que cette faiblesse de coloration démontre précisément que les cellules cancéreuses ont un pouvoir d'oxydation inférieur à celui des cellules normales. Dans les expériences de Roskin, la nature des agents cancérigènes est inconnue.

Ainsi les agents cancérigènes les plus divers provoquent une modification de la respiration cellulaire. En abaissant le pouvoir oxydant de la cellule, ils sont responsables de l'amoindrissement de la respiration qui se manifeste dans les tissus cancéreux. Si, exceptionnellement, certaines substances cancérigènes peuvent augmenter le pouvoir oxydant intracellulaire, on constate qu'exceptionnellement aussi ces substances peuvent se comporter comme des agents anticancéreux. De l'ensemble des résultats exposés ci-dessus et dans une Note précédente(1) se dégage la conception suivante :

Le pouvoir cancérigène d'un agent semble lié à la propriété que possède cet agent de diminuer le pouvoir d'oxydation et, par suite, la respiration de la cellule vivante.

---

(5) *Nature*, **136**, 1935, p. 868.
(6) *Arch. Klin. chir.*, **189**, 1937, p. 123.
(7) *Bull. histol. appl.*, **15**, 1938, p. 20.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Procédé automatique nouveau d'enregistrement de l'électrophorèse des protéines.* Note de MM. **Jean Swyngedauw** et **Louis Masse**, présentée par M. Aimé Cotton.

La présente Note a pour objet la description d'un perfectionnement des méthodes d'électrophorèse différentielle des albumines sériques actuellement en usage; il permet en effet d'obtenir, par un procédé purement optique et sans dispositif mécanique compliqué, un diagramme des gradients d'indice de réfraction dans le tube soumis à l'électrophorèse, et de suivre le phénomène photographiquement pendant plusieurs heures à l'aide d'un dispositif automatique simple.

Le schéma de l'appareil est donné par la figure 1.

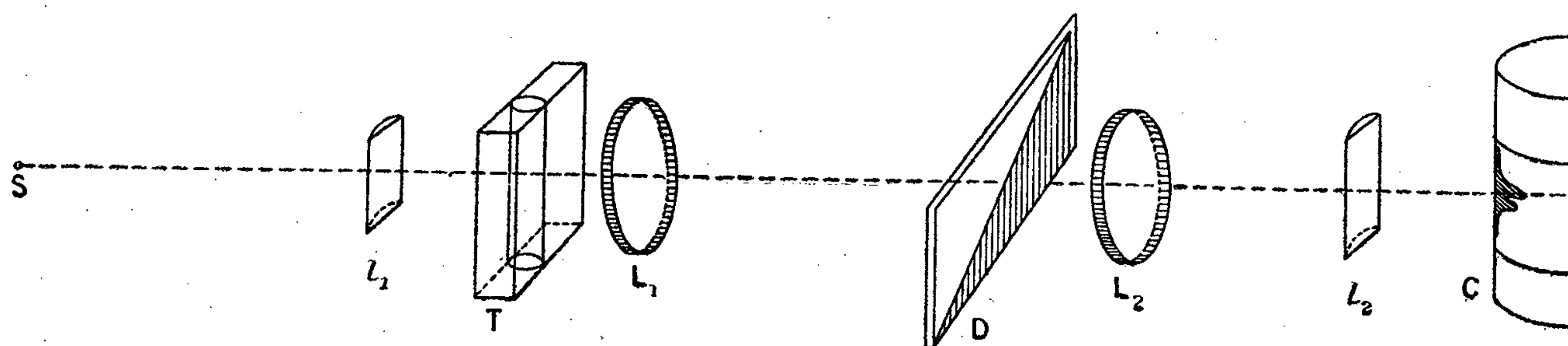


Fig. 1.

S, source ponctuelle placée à environ 8^m du tube cylindrique T; T, branche du tube en U placé à l'intérieur d'une cuve à faces parallèles remplie d'eau : T contient superposés le sérum et le liquide tampon; l_1, lentille cylindrique à génératrices verticales ($f = 30^{cm}$) dont la focale coïncide avec l'axe de T; L_1, lentille de très bonne qualité (type objectif de lunette) d'environ $1^m,20$ de distance focale, placée à quelques centimètres de T; D, diaphragme oblique de hauteur et d'inclinaison réglables placé dans le plan conjugué de S par rapport à L_1; L_2, lentille sphérique placée contre D, conjuguant le plan frontal de T et le plan frontal tangent au cylindre enregistreur C (la distance focale de L_2 est peu différente de la moitié de la distance TL_2, de façon à obtenir une image des longueurs verticales du tube T à peu près en vraie grandeur); l_2, lentille cylindrique à génératrices verticales ($f = 20^{cm}$) ayant sa focale sensiblement sur la surface du cylindre; C, cylindre enregistreur recouvert d'un film photographique et commandant, par un dispositif automatique, l'allumage de S à intervalles réguliers. L'ensemble L_1, D, L_2, l_2 qui mesure $2^m,60$ de longueur est placé dans un boîtier sur lequel s'adapte un second boîtier amovible contenant le cylindre enregistreur, qu'on peut remplacer pour l'observation par un verre dépoli. Le tout se trouve dans une chambre noire.

Fonctionnement. — En l'absence de gradient de concentration dans le tube T, le faisceau issu de S vient converger suivant une focale horizontale dans le plan du diaphragme oblique D, qui l'intercepte juste à la limite du champ. Si, à une hauteur quelconque du tube T, existe un gradient d'indice de réfraction, la tranche horizontale des rayons qui passent par ce plan est rabattue au niveau de D d'une hauteur h sensiblement proportionnelle au gradient, et se trouve interceptée par le diaphragme oblique proportionnellement à h.

La lentille cylindrique l_2 projette l'image à travers L_2 de chacun de ces segments de focale interceptée sur le plan frontal du cylindre C. Or, sur ce plan d'enregistrement C, les abscisses verticales sont conjuguées avec

celles du tube T; à chaque niveau du tube correspond donc une focale lumineuse horizontale dont la longueur interceptée est proportionnelle au rabattement, c'est-à-dire au gradient d'indice de réfraction. On obtient ainsi directement, sans l'artifice mécanique de Longworth, un diagramme qui, de plus, est observable sur verre dépoli et qu'on peut photographier à intervalles réguliers sur le film sensible.

Pratiquement le cylindre enregistreur (type Richard) est muni d'ergots établissant un allumage de la source S réglé à 20 secondes de durée environ au moyen d'une minuterie, et se reproduisant toutes les 25 minutes, ce qui permet d'enregistrer 14 clichés durant les 6 heures que dure la cataphorèse. Un dispositif automatique intercepte le courant de l'installation au bout de ce temps, de sorte que l'appareil mis en route peut être abandonné et fonctionner sans surveillance éventuellement la nuit.

Nous avons adopté, pour la superposition du sérum avec le liquide-tampon dans le tube en U, l'excellent dispositif de Machebœuf, qui consiste à établir le contact sérum-tampon au sein d'un joint de caoutchouc, au moyen d'une pince de Mohr qu'on desserre très lentement après équilibrage des pressions hydrostatiques dans les deux branches du tube. Cette opération étant terminée, la cuve contenant T (cuve construite en bois, garnie d'une pellicule de clinquant sur sa tranche) est glissée par un mouvement ascendant. Cette cuve présente le double avantage de permettre

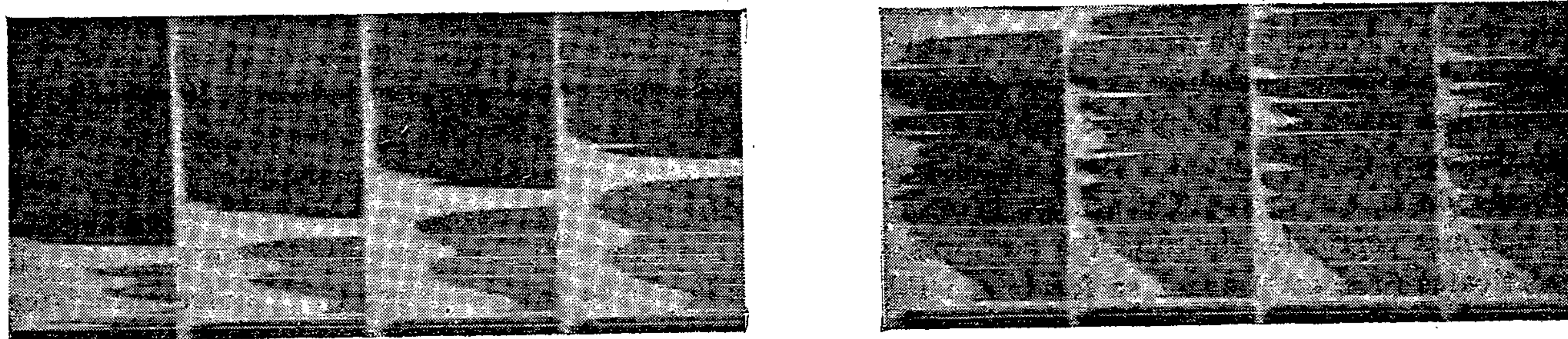


Fig. 2.

le refroidissement du tube et de diminuer l'effet des défauts optiques du tube en U (le segment qui sert à la cataphorèse est soigneusement choisi de façon à avoir le minimum de défauts). La figure 2 montre la finesse et la multiplicité du fractionnement, ainsi que la commodité du procédé (fragments d'un cliché obtenu avec du sérum humain pH 6,5).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Un nouveau sel calcique acidogène, le phénylpropionate de calcium.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La médication acidifiante, que nous avons antérieurement étudiée avec P. Chauchard et H. Mazoué en l'opposant à la médication alcali-

nisante dans ses effets sur l'excitabilité neuromusculaire [1], ne comporte guère, en dehors des dilutions d'acides minéraux et organiques, qu'un petit nombre de sels, parmi lesquels le chlorure d'ammonium et le chlorure de calcium. Ce dernier présente un double intérêt du fait que, utilisé dans la tétanie ou dans les vomissements spasmophiles, il permet de combattre à la fois l'alcalose et l'hypocalcémie. Mais le chlorure de calcium, dont l'injection entraîne, sur le trajet de la veine où elle est faite, une douleur vive, offre le désavantage, quand il est absorbé par voie buccale, d'être d'une saveur amère et désagréable, qui le rend souvent mal toléré. En dépit de ces inconvénients, aucun sel jusqu'ici n'a pu lui être valablement substitué. Par hasard notre attention fut attirée sur la propriété que possède le phénylpropionate de calcium de provoquer, comme le chlorure de calcium, une réaction de l'animal quand il est injecté par voie endoveineuse; mais, l'injection terminée, la douleur cesse aussitôt. L'échantillon dont nous disposions était dû à M. Pierre Landrin qui, sur notre demande, l'avait préparé, puis fait recristalliser dans l'eau à plusieurs reprises et nous en garantissait l'absolue pureté.

Le phénylpropionate de calcium se présente sous la forme de fins cristaux blancs et répond à la formule $(C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}CH^2\text{-}CO^2)^2Ca$; ce qui correspond à une teneur approximative de 16,8 % de calcium. Il n'est soluble dans l'eau que dans la proportion de 1 pour 25 environ; mais la saveur de ce soluté, dépourvue d'amertume, apparaît neutre, nullement désagréable.

Nous avons pensé qu'une telle préparation pourrait être utilement comparée dans son action avec une solution aqueuse de même titre de chlorure de calcium cristallisé, dont la teneur en calcium est voisine (18,3 %).

A cet effet nous avons injecté l'une et l'autre de ces deux solutions à 4 %, à raison de 5^{cm^3}, dans la veine marginale de l'oreille de lapins d'un poids voisin de 2 à 3^{kg}. Des prises sanguines, effectuées par ponctions intracardiaques, avant l'opération, puis respectivement 8 et 24 heures après, permettaient de suivre les variations de la réserve alcaline, suivant la technique que nous avions appliquée déjà à l'étude des diverses substances génératrices d'alcalose, notamment le gluconate de calcium, le carbonate acide de sodium et le citrate trisodique [2]. Le dosage de la réserve alcaline était pratiqué sur le plasma sanguin recueilli et séparé sous huile de vaseline, par la méthode de van Slyke [3], puis exprimé en centimètre cubes de CO^2 %, rapportés à 0° et 760^{mm} de pression.

---

(1) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 744; *Rev. Pathol. comp. et Hyg. gén.*, **45**, 1945, p. 108.

(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 314; *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 1513.

(3) *Journ. of biol. Chem.*, **52**, 1922, p. 495.

Nos résultats et les moyennes correspondantes sont groupées dans le tableau suivant :

N° du lapin.	Poids en kgs.	Réserve alcaline avant.	8 h. après.	24 h. après.
I. — Phénylpropionate de calcium.				
1	1,920	51,9	40,4	36,8
2	1,850	36,6	21,4	19,5
3	3,200	63,3	36,6	53,8
4	2,500	42,8	36,7	44,0
5	2,200	38,5	32,8	23,3
6	2,250	45,3	27,1	26,7
Moyennes	2,320	46,4	32,5	34,0
II. — Chlorure de calcium.				
1	2,950	55,7	40,4	40,4
2	1,900	42,4	36,2	34,3
3	2,100	62,9	45,7	40,0
4	3,000	42,4	32,4	45,7
5	2,250	57,4	49,8	46,3
6	2,200	38,6	34,3	34,7
Moyennes	2,400	49,9	39,8	40,2

Au premier abord on est frappé par les chiffres élevés des réserves alcalines que nos lapins présentaient au départ. Leur moyenne, dans les deux cas supérieure à 40, se situe sensiblement au-dessus de celles que nous avions antérieurement trouvées, qui étaient comprises entre 20 à 30$^{cm^3}$ de CO^2 %. La cause en est simple et directement en relation avec la nourriture de nos animaux : une forte proportion de son entrait autrefois dans l'alimentation quotidienne des lapins; aujourd'hui cet aliment acidogène en est presque totalement absent, les rations étant surtout composées de légumes et de feuilles de tilleul. De tels chiffres n'avaient d'ailleurs aucun inconvénient pour nos expériences et les facilitaient même, l'action des sels essayés pouvant ainsi se manifester de façon plus marquée.

En règle générale, 8 heures après l'injection le résultat est net et atteint parfois déjà son maximum, quoique en moyenne il se maintienne sensiblement égal après 24 heures et, ainsi que nous l'avons vérifié, après 48 heures.

Lors des 2e et 3e prélèvements, le sang se coagule très vite dans la seringue, aussi convient-il d'agir avec célérité.

Conclusions. — Le phénylpropionate de calcium apparaît donc générateur d'acidose, au même titre que le chlorure de calcium et d'action très comparable, tant en rapidité qu'en intensité et en durée.

Cette propriété, complétée par sa haute teneur en calcium, désigne ce sel comme facteur antispasmophile et antihémorragique.

Sur le chlorure de calcium, le phénylpropionate de calcium présente l'avantage d'avoir une saveur neutre, nullement désagréable.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le microdosage colorimétrique de la diiodotyrosine dans les protéines iodées naturelles*. Note de MM. **Jean Roche** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les dosages de la diiodotyrosine proposés jusqu'ici sont basés sur la formation de tyrosine à partir du dérivé iodé traité par le stannite de sodium ([1] *a*), par l'hydrazine en milieu alcalin ([1] *b*), ou par l'acide sulfurique ([1] *c*). Leur application aux protéines iodées exige, de ce fait, un dosage préalable de la tyrosine dans celles-ci, dont la teneur en diiodotyrosine est alors déterminée par différence. Il en résulte que les résultats obtenus ne sauraient être précis que dans le cas des protéines iodées artificiellement, dont la teneur en tyrosine est très notablement inférieure à celle en diiodotyrosine, contrairement à ce que l'on observe dans la thyroglobuline. Par ailleurs, la mono- et la diiodotyrosine sont également décomposées par les réactifs employés et la tyrosine apparaissant lors de l'action de ceux-ci sur certaines protéines iodées a pour origine ses deux dérivés iodés ([2]). Ceci étant, il y avait intérêt à réaliser un microdosage spécifique de la diiodotyrosine; le but de cette Note est de résumer les recherches que nous avons poursuivies à ce sujet.

Les solutions chlorhydriques de divers iodophénols (Ingvaldsen et Cameron), parmi lesquels la thyroxine et la diiodotyrosine (Harington) mais non la monoiodotyrosine (Harington et Rivers), présentent, après addition de nitrite de sodium en milieu chlorhydrique, une coloration jaune orangé, virant au rouge en milieu ammoniacal. Nous avons observé que l'intensité de cette réaction, déterminée au photomètre de Pulfrich (filtre S_{50}), est proportionnelle à la quantité d'acide aminé présente (entre 50 et 200γ) et permet, de ce fait, de doser la diiodotyrosine en se reférant à une courbe d'étalonnage établie sur une solution titrée de ce produit. Les seuls acides aminés non iodés susceptibles d'interférer dans ce dosage sont le tryptophane et la tyrosine. Le premier de ceux-ci ne donne une coloration appréciable qu'à partir de 1,5 à 2^{mg}, quantité au-dessous de

---

([1]) *a*. J. W. H. Lugg, *Biochem. J.*, **32**, 1938, p. 775; E. Brand et B. Kassel, *J. of Biol. Chem.*, **131**, 1939, p. 489; *b*. R. Michel, *Bull. Soc. Chim.*, 1945 (sous presse); *c*. J. Roche, R. Michel et M. Moutte, *Bull. Soc. Chim.*, **11**, 1944, p. 490.

([2]) Il n'est pas certain que la thyroglobuline renferme de la monoiodotyrosine, mais celle-ci a été isolée de diverses protéines iodées artificiellement (von Mutzenbecher, Heriott).

laquelle il est facile de demeurer dans les prises d'essai d'hydrolysats protéiques. En revanche, la réaction colorée jaune de la tyrosine en présence de nitrite de sodium, bien qu'environ 80 fois moins intense que celle de son dérivé diiodé, n'est pas négligeable pour 1^{mg}; elle est proportionnelle à la quantité de tyrosine entre 0,50 et 5^{mg}. Nous avons mis au point un microdosage de la diiodotyrosine dans les protéines thyroïdiennes en nous basant sur ces divers faits.

Principe de la méthode. — Après hydrolyse alcaline de la protéine, opérée dans des conditions où la diiodotyrosine est libérée sans décomposition, la thyroxine est extraite par le butanol et l'on dose la diiodotyrosine à l'aide de la réaction colorée au nitrite de sodium, dont on apprécie l'intensité au photomètre de Pulfrich. La donnée expérimentale obtenue au cours de cette opération doit, en raison de la présence de tyrosine, subir une correction, pratiquement toujours inférieure à 10 %. Pour déterminer la valeur de celle-ci, on dose la tyrosine sur une partie aliquote de l'hydrolysat par la microméthode de Bernhart [3], et l'on reporte le résultat obtenu sur une courbe d'étalonnage de la réaction au nitrite de sodium dans des solutions de tyrosine pure. La correction une fois faite, on détermine la quantité de diiodotyrosine présente en se référant à une courbe d'étalonnage établie sur des solutions de cet acide aminé.

Mode opératoire. — 100^{mg} de protéine sont chauffés pendant 8 heures au bain d'huile à 125° en présence de 2^{cm^3} NaOH.5N sous refrigérant à reflux. Après refroidissement, on transvase dans un tube à centrifuger de 16^{cm^3} de capacité portant un trait de jauge correspondant au volume de $7^{cm^3},5$. On ajoute 2^{cm^3} NaOH 10N, on complète à $7^{cm^3},5$ avec de l'eau distillée, puis on introduit $7^{cm^3},5$ de butanol. Après avoir agité énergiquement, tous les quarts d'heure pendant deux heures, on centrifuge et l'on siphonne le butanol surnageant renfermant la thyroxine. On transvase la couche aqueuse dans un ballon jaugé de 15^{cm^3}, on ajoute 3^{cm^3} d'acide chlorhydrique pur, puis on complète à 15^{cm^3} avec de l'eau distillée. On prélève une partie aliquote (2 à 4^{cm^3}) renfermant de 50 à 200γ de diiodotyrosine, à laquelle on ajoute le nombre de centimètres cubes de solution chlorhydrique de chlorure de sodium (10^{cm^3} NaOH 10N + 10^{cm^3}HCl concentré + H^2O q. s. p. 50^{cm^3}) nécessaire pour la porter à 5^{cm^3}, puis $2^{cm^3},5$ d'éthanol à 95° et 1^{cm^3} de solution à 1 % de nitrite de sodium. On abandonne à 15-20° pendant 10 minutes, au cours desquelles il se développe une couleur jaune orangé; on ajoute ensuite $1^{cm^3},5$ d'ammoniaque à 20 %, ce qui provoque un virage au rouge. On centrifuge, puis on détermine l'intensité de cette coloration au photomètre de Pulfrich (filtre S_{50}, cuve de 2^{cm}).

La teneur en tyrosine de la protéine est dosée par ailleurs au moyen de la microméthode de Bernhart sur une prise d'essai de l'hydrolysat renfermant de 50 à 200γ de cet acide aminé. On reporte la valeur obtenue sur une courbe d'étalonnage de la réaction de la tyrosine pure en présence de nitrite de sodium (filtre S_{50}), afin de déterminer la correction qu'il convient de faire au résultat des opérations précédentes (environ 7 % dans le cas de

(3) F. W. Bernhart in R. J. Block, *The determination of aminoacids*, 1 vol., 91 pages, 1938, Mineapolis.

la thyroglobuline). Celle-ci une fois réalisée, la teneur de la prise d'essai en diiodotyrosine est repérée directement sur une courbe d'étalonnage de la réaction de cet acide aminé en solution pure (filtre S_{50}, cuve 2^{cm}).

Le dosage que nous venons de décrire comporte une erreur de $\pm 3\%$. Son application à diverses préparations de thyroglobuline de Bœuf permet de considérer la teneur en diiodotyrosine de cette protéine comme égale à 0,41 % (valeur moyenne).

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1945.

Localisation et rôle des alcaloïdes et des glucosides chez les végétaux, par Albert Goris. Deuxième édition. Paris, Jacques Lechevalier, et Berlin, R. Friedländer u. Sohn, 1914; 1 vol. $25^{cm},5$.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France,* 44. *Coléoptères, Bruchides et Anthribides,* par Adolphe Hoffmann. Paris, Paul Lechevalier, 1945; 1 vol. $25^{cm},5$ (présenté par M. L. Fage).

Serge Bernstein. Les Notes dont les titres suivent sont publiées dans les *Comptes rendus* (Doklady) *et du Bulletin* (Isvestia) *de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S.*, Moscou;

— *Retour au problème de l'évaluation de l'approximation de la formule limite de Laplace.* Résumé 7 (1943), pp. 3-16, en langues russe et française;

— *Sur les domaines de convergence des polynomes.* Résumé 7 (1943), pp. 49-88, en langues russe et française;

— *Nouvelle généralisation du théorème de Liouville et son extension aux équations de type parabolique,* 1944. Volume XLII, n° 3, pp. 107-112, en langue russe;

— *Renforcement de mon théorème sur les surfaces à courbure négative.* Résumé 6 (1942), pp. 285-290, en langues russe et française;

— *Sur les sommes de grandeurs aléatoires liées de classes* (A, N) et (B, N), 1941. Volume XXXII, n° 5, pp. 303-307.

La Pénicilline et ses applications thérapeutiques, par Constantin Levaditi. Paris, Masson et Cie, 1945; 1 vol. $23^{cm},5$ (présenté par M. G. Ramon).

Encyclopédie entomologique, série A. XXII. *Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés,* par Pierre Lepesme. Paris, Paul Lechevalier, 1944; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Éphémérides nautiques ou *Extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1946. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes, spécialement à l'usage des Marins. Paris, Gauthier-Villars, 1945; 1 vol. 24^{cm}.

Biologie des Jumeaux. Polyembryonie et Gémellité, par MAURICE CAULLERY, in *la Science vivante*. Paris, Presses universitaires de France, 1945; 1 vol. 19^{cm}.

Histoire géologique du sol français. Tome I. *Les matériaux et les types structuraux du sous-sol*, par LÉON BERTRAND, in *Bibliothèque de Philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1944; 1 vol. 19^{cm}.

Eine bedeutsame Gegenüberstellung der physikalischen Lehren vom Schall und vom Licht, par OTTO BRÜHLMANN. Kreuzlingen, Privatdruck zur Eingabe an wissenschaftliche Institutionen, 1941; 1 vol. 23^{cm}.

Les liquides laticiformes (*Dérivés résineux, Matières grasses, Propriétés médicinales et pharmaceutiques*) *des Guttiféracées*, par ÉMILE DE WILDEMAN, in *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*. Collection in-8°. Tome XIX, fascicule 6 et dernier. Bruxelles, Palais des Académies, 1942; 1 vol. 25^{cm}.

Vieillissement ou stérilité dans la disparition des végétaux, par ÉMILE DE WILDEMAN. Extrait du *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série. Tome XXIX. Fascicules I et II. Bruxelles, Palais des Académies, 1943; 2 fasc. 25^{cm}.

Les plantes et la lèpre, par ÉMILE DE WILDEMAN. Extrait du *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série. Tome XXIX. Bruxelles, Palais des Académies, 1943; 1 fasc. 25^{cm}.

Les latex des Euphorbiacées. Fascicule I. *Considérations générales*, par ÉMILE DE WILDEMAN, in *Mémoires de l'Institut royal colonial belge*. Collection in-8°. Tome XII. Fascicule 4 et dernier. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1944; 1 vol. 25^{cm}.

A propos des médicaments antilépreux d'origine végétale. Tome II, par ÉMILE DE WILDEMAN, in *Mémoires de l'Institut royal colonial belge*. Collection in-8°. Tome XIII. Fascicule 3. Bruxelles, Librairie Falk et fils, 1944; 1 vol. 25^{cm}.

La ramification dichotomique anormale des nervures foliaires est-elle une réapparition d'un caractère ancestral? par ÉMILE DE WILDEMAN. Extrait du *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série. Tome XXIX. Bruxelles, Palais des Académies, 1945; 1 fasc. 25^{cm}.

Gutta-perchas, condensats ou composés définis? par ÉMILE DE WILDEMAN. Extrait du *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série, Tome XXX. Bruxelles, Palais des Académies, 1945; 1 fasc. 25^{cm}.

Genèse du caoutchouc et localisation de sa formation, par ÉMILE DE WILDEMAN. Extrait du *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*. 5e série. Tome XXX. Bruxelles, Palais des Académies, 1945; 1 fasc. 25^{cm}.

Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son Yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. JULES RICHARD. Fascicule CVI. *Scyphoméduses provenant des Campagnes du Prince Albert Ier de Monaco*, par GILBERT RANSON. Avec deux planches doubles. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1945; 1 vol. 36^{cm}.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, qu'il vient d'apprendre, de M. **Gustave Moussu**, Membre de la Section d'Économie rurale, survenu à Saint-Laurent-en-Gatine, Indre-et-Loire, le 16 octobre 1945.

Ses travaux seront rappelés en la prochaine séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que les tomes 214 (janvier-juin 1942) et 215 (juillet-décembre 1942) des *Comptes rendus* sont en distribution au Secrétariat.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur un processus de défense du milieu habité par des espèces vivantes à l'aide d'une substance toxique.* Note (¹) de M. **Gabriel Bertrand**.

La découverte de la pénicilline n'a pas seulement enrichi d'une manière très importante l'art de guérir, elle évoque, selon moi, d'une façon particulièrement frappante, une fonction biologique non encore envisagée et cependant assez répandue dans le monde vivant, végétal et animal.

On sait en quoi consiste cette découverte : des germes d'une moisissure, reconnue plus tard comme étant le *Penicillium notatum*, s'étant développés à la surface d'une culture de staphylocoques en milieu nutritif gélosé, il apparut autour de la colonie mycélienne une zone transparente, de plus en plus large, par disparition des cellules du staphylocoque. Ce phénomène observé, en 1924, par Sir Alexander Fleming (²) et étudié

(¹) Séance du 15 octobre 1945.

(²) A propos de la pénicilline, on a cité comme antériorités à la découverte de cette substance une publication de Pasteur et Joubert (*Comptes rendus*, 85, 1877, p. 101) et une autre de Fordineau (*Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1454). En se reportant aux textes de ces savants, on voit qu'il s'agit dans les deux publications de tout autre chose que de la production d'une substance directement bactéricide. Pasteur et Joubert envisageaient bien un cas de concurrence vitale, mais c'était celui de la Bactéridie charbonneuse et de microbes communs, d'espèces non précisées, quant à la quantité d'oxygène dissoute dans le milieu de culture. La publication de Fordineau avait trait, de son côté, à la destruction de la même Bactéridie par vaccination à l'aide du Bacille pyocyanique ou de sa toxine.

par lui avec persévérance, fut reconnu comme résultant de la sécrétion par la moisissure d'une sorte de toxine, laquelle se répand de proche en proche dans la gélose et détruit le microbe qu'on y cultive. Ensemencé à la surface d'un liquide nutritif approprié, le *Penicillium notatum* se comporte comme sur la gélose, sa toxine passe et s'accumule dans le liquide, d'où on l'extrait aujourd'hui en grand sous le nom de *pénicilline*. Celle-ci, introduite à son tour dans des cultures, naturelles ou artificielles, même animales ou humaines, agit sélectivement sur certains microbes, plus spécialement sur des microbes du groupe des *cocci*. On l'utilise aujourd'hui avec succès contre diverses maladies, dont quelques-unes étaient auparavant sans remède.

On n'a pas manqué de rechercher si d'autres espèces végétales étaient capables de sécréter de la pénicilline. On en a déjà reconnu plusieurs, dont l'action est plus ou moins marquée, en étudiant d'abord des moisissures du genre *Penicillium*, puis des moisissures de genres différents. Avec le *Penicillium notatum*, qui en est le type, ces différentes espèces appartiennent à l'ordre des Ascomycètes de la classe des Champignons, et l'on remarquera que leur action se limite, jusqu'ici, à des Bactériacées, admises communément parmi les végétaux dans la classe des Algues.

Au type du *Penicillium notatum* il paraît convenable de rattacher l'espèce de Basidiomycète du genre *Clitocybe* provenant d'un rond de sorcières, qui a été signalée par Charles Hollande dans une séance récente de l'Académie [3].

En outre, il y a lieu de retenir, d'après une information publiée dans un journal étranger, que l'on aurait trouvé aussi une activité réduite de pénicilline à un Lichen; mais les végétaux de cette sorte sont, comme l'on sait, des associations à bénéfice réciproque d'un Champignon et d'une Algue; il serait intéressant de déterminer si la pénicilline provient du Champignon ou de l'Algue ou, peut-être même, de chacun des deux associés.

Tous les végétaux qui viennent d'être mentionnés appartiennent aux Cryptogames. Existe-t-il des espèces analogues chez les Phanérogames ? A la condition de ne retenir des exemples énumérés que ce qu'ils renferment de commun et de plus général, à savoir le processus de défense du milieu vital contre des espèces concurrentes à l'aide d'une substance toxique, on peut répondre positivement.

C'est ainsi que je crois pouvoir proposer comme type de Phanérogames celui du *Pinus maritima*, auquel appartiennent d'autres espèces de Pins et de Conifères. Les botanistes, les forestiers et les mycologues savent

---

([3]) Du 24 septembre 1945, mais il faudra attendre que cette Communication soit publiée pour en connaître exactement la teneur.

que dans les pinèdes et les agglomérations d'arbres à aiguilles, il n'existe qu'une flore très réduite, non seulement quant au nombre des individus, mais, ce qui est plus caractéristique, quant au nombre des espèces. Cette particularité est due à plusieurs causes : d'abord à l'atténuation des radiations solaires et à la composition organique du sol, causes qui sont communes à d'autres agglomérations sylvestres, et, particulièrement ici, à ce que les Conifères sécrètent des produits volatils, parmi lesquels existent des carbures terpéniques, aux vapeurs desquelles sont plus ou moins sensibles un grand nombre d'espèces végétales.

Dans le cas du Pin maritime et des plantes de ce type, la fonction de défense du milieu vital ne s'exerce plus à l'aide d'une substance soluble dans l'eau, comme lorsqu'il s'agit des Champignons du type du *Penicillium notatum*, mais grâce à une substance volatile; le résultat final est néanmoins le même : l'espèce agressive est protégée des espèces concurrentes par un toxique susceptible de se diffuser autour de son point d'émission jusqu'à une distance d'autant plus grande que sa concentration est plus forte et la sensibilité des espèces étrangères plus accentuée.

La fonction de défense d'une espèce contre une autre par empoisonnement du milieu vital, que je proposerai d'appeler *télétoxie*, n'est pas limitée au règne végétal; j'ai eu l'occasion d'en observer un premier exemple, d'ailleurs très démonstratif, dans le règne animal, lorsque j'étudiais, en collaboration avec mon ami C. Phisalix, la composition et les propriétés physiologiques du venin du Crapaud commun. Il arriva qu'un petit nombre de ces animaux, ayant été apportés en fin de journée au laboratoire, fut placé dans le premier des compartiments, creusés dans un long bloc d'ardoise, qui servait d'aquarium pour les Grenouilles. Ces compartiments, peu profonds, communiquaient les uns avec les autres et un petit filet d'eau les alimentait. Or le lendemain matin toutes les Grenouilles étaient mortes ([4]).

Bien que les glandes à venin du Crapaud soient d'ordinaire sans communication avec l'extérieur, la première hypothèse pour expliquer cette mort massive et inattendue était le passage, par un moyen quelconque, des substances actives du venin dans le liquide où baignaient ensuite les Grenouilles; mais on pouvait également se demander s'il n'était pas survenue une contamination accidentelle de l'eau de la canalisation à laquelle les Crapauds auraient résisté, mais non les autres Batraciens. Une expérience, consistant à mettre les Crapauds dans un compartiment du milieu et de nouvelles Grenouilles dans les autres, a montré que mouraient seules les Grenouilles situées en aval des Crapauds, autrement

([4]) Il s'agissait, si mes souvenirs sont exacts (c'était en 1893), de *Rana temporaria*.

dit que l'eau n'intervenait qu'en transportant des substances toxiques émises par ces derniers animaux [5].

A l'autopsie, le cœur des Grenouilles mortes était fortement contracté, signe caractéristique de l'action de la bufotaline. Comme le venin, qui passe des glandes dans le sang, s'élimine en partie par l'urine, il peut alors se répandre dans l'eau. Une injection d'urine de Crapaud dans le sac dorsal d'une Grenouille a tué celle-ci avec tous les symptômes de l'intoxication directe par le venin.

Selon toute probabilité, dans les conditions naturelles d'existence des Batraciens, c'est au moment de la reproduction que la sécrétion venimeuse intervient pour interdire aux Grenouilles le milieu vital du Crapaud. L'accouplement de l'une comme de l'autre de ces espèces a lieu, au début de l'année, au sein des mares et des fossés garnis d'eau. Après la ponte et la fertilisation des œufs, ceux-ci sont abandonnés par les parents à l'éclosion et les têtards évoluent dans le liquide jusqu'à leur transformation en individus adaptés à la vie terrestre. Mais là où se sont installés des Crapauds, il ne peut y avoir de Grenouilles et, depuis l'accouplement des parents jusqu'à l'atterrissage des petits crapauds, la première espèce n'a à subir aucune concurrence de la seconde.

Étant donné les nombreuses espèces de Batraciens répandues par le monde, dont la physiologie et les mœurs se rapprochent de celles du Crapaud et de la Grenouille, il est probable que l'on trouvera facilement parmi elles de nouveaux exemples de défense du milieu vital à l'aide de sécrétions toxiques. A cet égard, je puis déjà signaler que, dans une Note publiée en 1851, P. Gratiolet et S. Cloëz ont mentionné que « plusieurs Grenouilles, placées dans un tonneau avec des Salamandres, furent trouvées mortes au bout de huit jours » [6]. Il s'agissait évidemment là d'un cas de télétoxication par les alcaloïdes du venin de la Salamandre.

En résumé, le rapprochement de certaines observations d'origines diverses révèle l'existence d'une fonction biologique chez les plantes et chez les animaux qui était restée jusqu'ici inaperçue et dont on peut déjà citer des exemples chez les Cryptogames, les Phanérogames et les Batraciens. Cette fonction consiste dans la production par les espèces considérées de substances qui se répandent dans le milieu leur servant d'habitat et atteignent, en les empoisonnant, d'autres espèces qui pourraient leur faire concurrence. Il ne s'agit pas ici d'un moyen de défense individuel,

---

(5) J'ai déjà eu l'occasion de citer cette observation à propos d'une intéressante publication de Jean Rostand sur la fécondation croisée non réciproque du Crapaud et de la Grenouille (*C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1140).

(6) *Comptes rendus*, **32**, 1851, p. 592.

dont beaucoup de plantes et d'animaux sont armés, mais d'un processus d'une portée plus étendue, aboutissant à la protection d'une espèce contre d'autres espèces, et cela par l'action directe et à distance d'un poison.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre Bonnet. *Bibliographia araneorum. Analyse méthodique de toute la littérature aranéologique jusqu'en* 1939. Tome I (Ouvrage publié à l'aide d'une subvention Villemot).

2° Dikran Dervichian. *Colloïdes,* in *Tables annuelles de constantes et données numériques,* 40, volume XIV.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'opérateur* $\exp\{x+(d/dx)\}$. Note de M. **Jean Ville**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit l'opérateur linéaire $x+(d/dx)$. Nous distinguerons, parmi les puissances de cet opérateur, celles dans lesquelles on respecte, dans les multiplications, l'ordre des termes, et celles dans lesquelles les x précèdent toujours les d/dx. Nous noterons les premières par $(x+(d/dx))^n$, les secondes par $[x+(d/dx)]^n$.

2. Les puissances entre parenthèses peuvent s'exprimer à l'aide des puissances entre crochets, grâce à la formule de récurrence

$$(1)\qquad \left(x+\frac{d}{dx}\right)^{n+1}=x\left(x+\frac{d}{dx}\right)^n+\left(x+\frac{d}{dx}\right)^n\frac{d}{dx}+n\left(x+\frac{d}{dx}\right)^{n-1}.$$

3. La formule de récurrence (1) permet d'exprimer $(x+(d/dx))^{n+1}$ sous forme d'un polynome en $[x+(d/dx)]^m$, par la formule

$$(2)\qquad \left(x+\frac{d}{dx}\right)^{n+1}=P_{n+1}\left\{\left[x+\frac{d}{dx}\right]\right\},$$

les $P_n(u)$ satisfaisant à

$$(3)\qquad P_{n+1}(u)=u\,P_n(u)+n\,P_{n-1}(u).$$

4. En résolvant l'équation (3) par la méthode des fonctions génératrices, on obtient pour $P_n(u)$ la forme

$$(4)\qquad P_n(u)=\left\{\frac{d^n}{dt^n}\exp\left\{\frac{t^2}{2}+ut\right\}\right\}_{t=0}.$$

5. En définissant $\exp\{x+(d/dx)\}$ par la formule

$$(5)\qquad \exp\left\{x+\frac{d}{dx}\right\}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{n!}\left(x+\frac{d}{dx}\right)^n,$$

la formule (4) conduit à l'expression simple :

$$\exp\left\{x+\frac{d}{dx}\right\}=\exp\left\{x+\frac{1}{2}\right\}\exp\left\{\frac{d}{dx}\right\},$$

d'où la signification de l'opérateur :

$$\exp\left\{x+\frac{d}{dx}\right\}f(x)=\exp\left\{x+\frac{1}{2}\right\}f(x+1).$$

6. L'opérateur précédent trouve application dans la mécanique quantique. Si la position d'un corpuscule sur l'axe des q est définie par $\Psi(q)$, nous définirons la fonction caractéristique des variables p et q (au sens du calcul des probabilités) par

$$\mathfrak{M}\exp\{i[up+vq]\}=\int\overline{\Psi}(q)\exp\left\{uh\frac{d}{dq}+ivq\right\}\Psi(q)\,dq. \tag{6}$$

Posant $t=\sqrt{huiv}$, $xt=ivq$, nous obtenons la fonction caractéristique sous la forme

$$\varphi(u,v)=\int\overline{\Psi}(q)\,e^{\frac{huiv}{2}}\,e^{ivq}\,\Psi(q+hu)\,dq.$$

Pour u et v imaginaires pures, φ est réelle, comme le montre la formule

$$\varphi\left(\frac{u}{i},\frac{v}{i}\right)=\int\left|\Psi\left(q-\frac{iuh}{2}\right)\right|^2e^{vq}\,dq.$$

Si q est normalement distribuée, c'est-à-dire si

$$\Psi(q)=\text{const.}\exp^{aq^2}.$$

a étant un nombre complexe à partie réelle négative, on trouve pour $\varphi(u,v)$ la fonction caractéristique d'une loi normale à deux dimensions.

Nous avons ainsi déterminé complètement, à partir de $\Psi(q)$ seule, la distribution en probabilités de p et q. Nous avons montré ailleurs (*Annales de la Faculté des Sciences de Lyon*, 1945) que ce procédé mettait clairement en évidence la relation d'incertitude de Heisenberg.

GÉOMÉTRIE VECTORIELLE. — *Remarques géométriques sur les principes du calcul tensoriel.* Note de M. **André Bloch**, présentée par M. Élie Cartan.

1. L'objet de la présente Note est de rattacher aux notions géométriques les plus simples les fondements de l'algèbre tensorielle.

Les dénominations de *covariant* et de *contrevariant*, dont l'introduction était essentielle, n'en ont pas moins été généralement attribuées jusqu'ici d'une manière inverse de celle assurément naturelle, cela sous des prétextes qui ne résistent pas à l'examen. Et nous ne croyons pas commettre un acte arbitraire, ni être animé de l'esprit de contradiction, mais au contraire nous conformer aux règles du plus élémentaire bon sens, en rompant avec cette pratique indé-

fendable. Nous parlerons donc d'un tenseur covariant aux vecteurs, au système de coordonnées d'un point, d'un tenseur contrevariant aux mêmes éléments [1].

Nous nous placerons, pour fixer les idées, dans l'espace à trois dimensions.

2. Un tenseur covariant du premier ordre est un vecteur; un tenseur contrevariant du premier ordre est un contre-vecteur.

Un contre-vecteur est l'ensemble d'un plan et d'un point extérieur (origine du contre-vecteur), défini à une translation près.

Pour composer deux contre-vecteurs, on les amène à avoir même origine, on prend le plan polaire de celle-ci par rapport au dièdre, puis l'homothétique de ce plan, le rapport étant $1/2$. Que le résultat, pour p contre-vecteurs, soit indépendant de l'ordre des opérations, c'est ce qui découle de la construction suivante : les M_i étant les points de rencontre avec les p plans d'une sécante issue de l'origine O, on prend sur cette droite le point L tel que $1/OL = \Sigma(1/OM_i)$. Sous cette forme on reconnaît, réduite dans le rapport d'homothétie $1/p$, la $\overline{p-1}^{\text{ième}}$ polaire de l'origine par rapport au système des p plans.

Si l'on considère des vecteurs issus de O et leur résultante, la polarité par rapport à une quadrique quelconque centrée en O donne des contre-vecteurs issus de O et leur résultant; et réciproquement.

Les composantes d'un contre-vecteur dont l'origine est celle de référence sont les cordonnées tangentielles non homogènes du plan, c'est-à-dire les inverses des abscisses de ses points de rencontre avec les axes.

3. Considérons n vecteurs. Leur produit (général) n'est autre que le groupe qu'ils forment, sous la réserve que deux groupes dont les vecteurs sont parallèles et pour lesquels les deux produits des n segments sont égaux, soient considérés comme identiques.

Considérons des groupes de n vecteurs, en nombre indéterminé q, avec correspondance entre les vecteurs de groupe à groupe (tableau rectangulaire n, q). A la convention ci-dessus pour chaque groupe adjoignons la suivante : chaque vecteur peut être décomposé en deux, remplaçant son groupe par deux autres, et inversement. Deux systèmes de groupes de n vecteurs seront dits équivalents quand et seulement quand l'on pourra passer de l'un à l'autre par la combinaison des deux opérations sus-indiquées.

L'ensemble des systèmes équivalents est un tenseur covariant n^{uple}. Comme on compose immédiatement en un seul deux groupes de n vecteurs deux à deux parallèles, il est clair que si l'on prend trois axes quelconques, le tenseur est équivalent à la somme de ses 3^n composantes.

Au moyen de sommes de produits de vecteurs et de contre-vecteurs, on définit de même les tenseurs contrevariants et mixtes de toutes variances.

---

(1) La convention usuelle, relative à la place des indices (covariants en haut, contrevariants en bas), paraît, tout considéré, la plus indiquée.

Observons que le produit d'un vecteur et d'un contre-vecteur demeure inaltéré dans une homothétie quelconque.

4. On sait également que l'on peut introduire les tenseurs au moyen de formes algébriques.

Soit par exemple une relation multilinéaire entre n points de l'espace, se réduisant sur toute droite issue de O à la constance du produit des segments; elle s'écrit $F_n(x, y, z; \bar{x}, \bar{y}, \bar{z}; \ldots) = 1$; les coefficients de la forme n-linéaire du premier membre sont les composantes d'un tenseur contrevariant n^{uple}. Une surface d'ordre n, invariante dans les homothéties de rapports $1^{1/n}$, $F_n(x, y, z) = 1$, fournit spécialement un tenseur symétrique.

Pour les tenseurs covariants et mixtes, on prendra des relations entre plans, en coordonnées tangentielles.

Dans les questions où l'on fait abstraction d'un facteur scalaire, le second membre 1 s'évanouit; on a des formes homogènes, des relations et des courbes dans le plan projectif.

5. *Remarques.* — 1° On peut évidemment définir de manière inamovible un contre-vecteur par deux plans parallèles distincts de rôles différents. Soient $P = 0$, $P + 1 = 0$; la composition s'écrit : $\Sigma P = 0$, $\Sigma P + 1 = 0$. Nous ignorons si cela peut avoir des applications tensorielles ou autres.

2° Le théorème sur la contraction résulte immédiatement de ce qu'un tenseur double mixte est une somme de produits mixtes, et de ce que, pour un tel produit, si M est l'intersection du vecteur OI avec le plan du contre-vecteur, la trace de la matrice est OI/OM.

3° On peut multiplier extérieurement des tenseurs de mêmes variances; comme des multivecteurs il existe donc des multi-contre-vecteurs.

4° Digression non-euclidienne : Les composantes d'un vecteur (glissant) par rapport au tétraèdre de référence sont les quotients des six moments pluckériens relatifs aux deux extrémités par la forme polaire correspondante déduite de l'absolu. Le vecteur somme de deux vecteurs coplanaires est celui dont les composantes sont les sommes des composantes (il est clair qu'ici la définition dans le plan suffirait). Tout système est équivalent à deux vecteurs et donne lieu à un complexe linéaire. La polarité par rapport à l'absolu change les vecteurs en contre-vecteurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Distributions conjuguées. Applications aux fonctions d'une variable complexe et aux séries de Fourier.* Note de M. **Jacques Deny**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. *Notations.* — Soit E un compact (ensemble fermé borné) du plan; on appellera $\overline{\overline{E}}$ le complémentaire du constituant non borné de CE.

$U^{\lambda}(z)$ désignera la valeur en z du potentiel logarithmique engendré par la distribution λ.

Définition. — Deux distributions λ et μ portées par E seront dites *conjuguées* si $U^\lambda - iU^\mu$ est analytique sur $C\overline{E}$. Pour cela il faut et il suffit que

$$\int z^n(d\lambda + i d\mu) = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

Si E est une courbe simple fermée rectifiable, les distributions λ et μ définies sur E par $d\lambda + i d\mu = dz$ sont donc conjuguées.

Si E n'a pas de point intérieur et coïncide avec $\overline{\overline{E}}$, il n'est le support d'aucun couple de distributions conjuguées ([1]). Sur tout autre compact il existe une infinité de tels couples. Les masses totales $\lambda(E)$ et $\mu(E)$ sont nulles.

II. Extension du Théorème de Cauchy. — *Si* F *est holomorphe dans un domaine* D *et si* λ *et* μ *sont deux distributions conjuguées portées par un compact* E *tel que* $\overline{\overline{E}} \subset D$, *on a*

$$\int F(d\lambda + i d\mu) = 0.$$

Extension du Théorème de Morera. — Soient λ_0 et μ_0 deux distributions conjuguées portées par un compact E_0 et dont les moments du premier ordre *ne sont pas tous nuls* ([2]). *Si* F *est continue dans un domaine* D *et si* $\int F(d\lambda + i d\mu) = 0$ *pour tout ensemble chargé* $(E, \lambda + i\mu)$ semblable *à* $(E_0, \lambda_0 + i\mu_0)$ *tel que* $\overline{\overline{E}} \subset D$, F *est holomorphe dans* D.

On peut remplacer la totalité des similitudes précédentes par une famille dénombrable convenablement choisie ([3]); en particulier il suffira que les rapports de similitude parcourrent une suite de valeurs tendant vers zéro aussi rapidement qu'on voudra.

Plus généralement il est facile de déterminer tous les couples fonctions continues-distributions complexes *associées* ([3]), c'est-à-dire vérifiant les hypothèses du théorème précédent, à cela près qu'on ne suppose pas d'avance λ_0 et μ_0 conjuguées. Notons seulement que si l'on suppose encore non nuls tous les moments du premier ordre, il en résulte que λ_0 et μ_0 sont conjuguées (et alors F est analytique), ou bien λ_0 et $(-\mu_0)$ sont conjuguées (et F est analytique conjuguée).

III. Prenons pour E la circonférence-unité C. Soient $\lambda(\theta)$, $\mu(\theta)$ les fonc-

---

([1]) Cette remarque n'est autre que l'énoncé sous une autre forme d'un théorème bien connu de M. Lavrentieff : *Toute fonction continue sur un tel ensemble peut être développée en série uniformément convergente de polynomes en z.*

([2]) C'est-à-dire $\int x d\lambda_0$ et $\int y d\lambda_0$ non tous deux nuls; U^{λ_0} est alors un infiniment petit du premier ordre au voisinage de l'infini. C'est le cas des distributions qui interviennent dans les théorèmes de Cauchy et Morera ($d\lambda_0 + i d\mu_0 = dz$).

([3]) Cf. G. Choquet et J. Deny, *Bull. Soc. Math. de France*, 52, 1944, pp. 118-140.

tions (VB) [4] de l'argument θ associées à λ et μ; elles sont périodiques et bien déterminées par $\lambda(0) = \mu(0) = 0$.

Théorème. — *Deux distributions λ et μ conjuguées sur C ne chargent pas les ensembles de mesure linéaire nulle* [5] *et sont liées par les relations*

$$(1) \qquad \lambda(\theta) = \frac{1}{\pi}[U^{\mu}(e^{i\theta}) - U^{\mu}(1)], \qquad \mu(\theta) = \frac{1}{\pi}[U^{\lambda}(e^{i\theta}) - U^{\lambda}(1)].$$

On en déduit les conséquences suivantes :

a. Pour que la série conjuguée de la série de Fourier d'une fonction sommable f soit aussi une série de Fourier (d'une fonction sommable g définie presque partout), il faut et il suffit que la fonction

$$G(\theta) = -\frac{1}{\pi}U^{F}(e^{i\theta}) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \log 2\left|\sin\frac{\theta - t}{2}\right| f(t)\,dt$$

soit (VB). Cela entraîne que $G(\theta)$ est (AC) [4] et l'on a $g(\theta) = G'(\theta)$.

b. Pour qu'une fonction (VB) $f(\theta)$ soit le potentiel d'une simple couche μ étendue sur C, il faut et il suffit que $U^{f}(e^{i\theta})$ soit (VB) sur C. μ est donnée par la seconde formule (1), où $\lambda = f$. [Résolution dans la classe des fonctions (VB) d'un problème classique, traité par Picard dans le cas des fonctions de carré sommable.]

c. Par inversion on obtient : Si des masses (quelconques dans le plan) engendrent un potentiel qui soit (VB) sur un segment de droite, celui-ci est (AC) sur tout segment intérieur. D'autre part, on sait que le potentiel capacitaire d'un ensemble de Cantor K est continu. Mais il est à variation non bornée sur le segment qui porte K.

Remarque. — Des formules (1) on déduit que les distributions λ et μ sont orthogonales $\left(\text{c'est-à-dire} \int U^{\lambda}d\mu = \int U^{\mu}d\lambda = 0\right)$ et ont même énergie [6].

ASTRONOMIE. — *Méthode pour la mesure des petites distances zénithales.* Note de M. **André Couder**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Une lunette munie d'un micromètre étant approximativement dirigée vers le zénith, plaçons devant l'objectif une cuve dont le fond,

(4) (VB) à variation bornée; (AC) absolument continu.

(5) Cette partie résulte immédiatement d'un théorème bien connu de F. et M. Riesz : *Si une fonction analytique dans un cercle prend des valeurs* (VB) *sur la circonférence, celles-ci sont* (AC)]. Cf. à ce sujet, A. Zygmund, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 49, II, 1943, pp. 805-822 et aussi G. C. Evans, *The Logarithmic potential* (*Colloquium*, 6, 1927, p. 131).

(6) La valeur de l'énergie commune n'est autre que l'aire, divisée par π, décrite par $Z = U^{\lambda}(z) + iU^{\mu}(z)$ quand z décrit le cercle-unité.

à peu près horizontal, est une lame de verre à faces planes, que nous supposerons d'abord exactement parallèles. Elle contient une couche d'un liquide transparent dont la surface est libre. Cette cuve constitue un prisme dont la face supérieure A est horizontale par définition; la face inférieure B fait avec l'autre un angle r, auquel il est aisé de donner une valeur petite, par exemple une dizaine de secondes de degré; l'indice n du prisme est celui du liquide, qu'on choisit peu différent de celui de la lame de verre.

Une double autocollimation est possible. Appelons α et β les points du plan focal qui sont leurs propres conjugués par rapport aux surfaces réfléchissantes A et B. Soit ζ la trace de la verticale abaissée du point nodal d'émergence de l'objectif. Les trois points α, ζ, β sont rangés en ligne droite dans l'ordre énoncé et l'on a $\alpha\zeta : \alpha\beta = (n - 1) : n$. Répétons les deux lectures au même fil après avoir dérangé légèrement une des vis calantes qui supportent la cuve, de manière à changer l'angle r; nous pouvons immédiatement éliminer la valeur de l'indice n et déduire la lecture du tambour micrométrique qui correspond au zénith.

2. La cuve zénithale peut être adjointe à un instrument méridien comme un appareil auxiliaire concourant à la détermination des constantes de réduction. Ce dispositif procure une lecture du zéro du cercle indépendante de celle qu'on obtient par autocollimation nadirale sur le bain de mercure. Conjointement à l'observation des collimateurs Nord et Sud, il donne une mesure de l'inclinaison de l'axe indépendante de celle qu'on déduit du pointé du nadir. Enfin, conjugué à l'observation du seul bain de mercure, il donne, outre l'inclinaison de l'axe, une valeur de la collimation apparemment préférable à celle qu'on tire du pointé des collimateurs horizontaux, car elle correspond à un état des flexions instrumentales sûrement plus voisin de celui qui intervient dans l'observation des étoiles horaires. Pour cet usage, la cuve doit être mise en place et ôtée grâce à un support mobile, indépendant de l'instrument.

3. Pour des applications particulières, d'ailleurs très importantes, la cuve peut être laissée à demeure devant une lunette fixée verticalement : on observe les astres voisins du zénith à travers la couche liquide, protégée du vent par une lame de verre que nous supposerons à faces parallèles. Cette disposition nouvelle est douée d'une propriété importante : on voit immédiatement que le zénith a pour image le point α du plan focal défini par autocollimation sur la surface libre A. Un astre situé à une distance zénithale z est vu à une distance z' du zénith apparent, qui diffère de z par des termes du troisième degré en (z, r). Ainsi la mesure absolue d'une petite distance zénithale se réduit à un système de pointés micrométriques et, en conséquence, elle doit pouvoir atteindre le degré de précision instrumentale qu'offrent les mesures micrométriques relatives.

Il est important que le même mode d'éclairage du champ soit employé pour effectuer l'autocollimation et les pointés stellaires. Il faut pour cela recourir au nouveau procédé d'illumination des fils sur champ obscur, qui a été réalisé par M. Danjon. La qualité de l'image des fils obtenue par autocollimation y est telle qu'on peut ici, avec la même précision, pointer l'étoile en déclinaison ou la suivre en angle horaire, d'une part avec les fils vus directement, d'autre part avec leurs images réfléchies.

L'instrument propre à mettre en œuvre cette méthode de mesure des distances zénithales est de structure relativement simple; comme ses flexions n'interviennent pas, il peut être construit avec de grandes dimensions et rester cependant robuste et stable. Il s'applique notamment à la détermination de l'heure et à l'étude de la variation de la latitude, et il fournit des données utiles à l'amélioration des constantes de l'aberration et de la nutation.

4. *Remarques.* — Les déviations angulaires dues au fait que les lames de verre sont en réalité légèrement prismatiques doivent être déterminées et éliminées : il suffit de répéter les mesures après avoir fait tourner la cuve de 180° autour d'un axe approximativement vertical.

La réalisation et l'emploi de la cuve zénithale soulèvent divers problèmes de technique instrumentale. Ceux qui concernent la construction même de la cuve ont été étudiés et résolus au laboratoire d'optique de l'Observatoire de Paris lorsqu'on y a construit le prisme à liquide du grand spectrographe de Bellevue (diamètre des lames de verre 31 cm). La difficulté supplémentaire qui résulte des rides de la surface libre produites par les trépidations est l'objet de mes recherches actuelles. Elle paraît moins difficile à vaincre lorsqu'il s'agit d'un liquide de faible densité et dont on peut choisir librement la viscosité, que dans le cas du bain de mercure. Elle sera plus aisément surmontée dans l'instrument spécial envisagé au paragraphe 3, où la cuve est fixe, que dans l'application au cercle méridien (§ 2).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Méthode de perturbation appliquée à l'étude des cavités électromagnétiques.* Note [1] de M. **Théodore Kahan**.

Supposons que nous ayons résolu l'équation d'onde dans le plan xy

$$\Delta E + k^2 E = 0$$

($E = E_z$ composante normale au plan xy) et trouvé par conséquent les fonctions propres E_n et les valeurs propres k_n pour une cavité de symétrie cylindrique de volume V_0 limitée par une surface conductrice S_0.

---

[1] Séance du 18 juin 1945.

Ceci posé, faisons subir, par déformation de paroi, une petite variation de volume et de surface à la cavité électromagnétique ainsi constituée; nous allons faire usage d'une méthode de perturbation utilisée en Mécanique ondulatoire, dont le principe remonte à Lord Rayleigh et qui permet d'obtenir les valeurs propres perturbées. Elle s'applique aisément à quelques cas particuliers.

Soit

$$k_0^2 = \chi_0 = \omega_0^2 \mu\varepsilon$$

une valeur propre non dégénérée (ω_0 étant la pulsation propre de l'enceinte résonnante, μ et ε la perméabilité et la constante diélectrique de la matière qui la remplit) et E_0 la fonction propre correspondante, solution de l'équation aux dérivées partielles

$$(1) \qquad \Delta E_0 + \chi_0 E_0 = 0,$$

avec une certaine condition au contour limite s_0 à la surface S_0.

Nous nous proposons de calculer la valeur propre

$$(2) \qquad \chi = \chi_0 + \chi_1$$

satisfaisant à l'équation d'onde

$$(3) \qquad \Delta E + \chi E = 0,$$

ayant comme fonction propre

$$E = E_0 + E_1,$$

avec une condition aux limites un peu différente, correspondant à une légère variation δS_0 de la surface frontière

$$S = S_0 + S_1 = S_0 + \delta S_0, \qquad V = V_0 + V_1 = V_0 + \delta V_0.$$

Multiplions, à cet effet, l'équation (1) par E et l'équation (3) par E_0, et retranchons-les membre à membre

$$(\chi - \chi_0) E_0 E + E_0 \Delta E - E \Delta E_0 = 0.$$

Intégrons maintenant, par rapport à toute la section droite plane délimitée par le contour s et faisons appel au théorème de Green; l'on obtient

$$(4) \qquad (\chi - \chi_0) \iint_S E_0 E \, dS = \iint (E_0 \Delta E - E \Delta E_0) \, dS = \oint_s \left(E \frac{\partial E_0}{\partial n} - E_0 \frac{\partial E}{\partial n} \right) ds,$$

n étant la normale à la surface S dirigée vers l'extérieur; on en tire

$$(5) \qquad \chi_1 = - \frac{\oint \left(E_0 \frac{\partial E}{\partial n} - E \frac{\partial E_0}{\partial n} \right) ds}{\iint_S E_0 E \, dS}.$$

Or

$$\chi_1 = 2 k_0 \, \delta k_0 = 2 \omega_0 \sqrt{\mu\varepsilon} \, \delta(\omega_0 \sqrt{\mu\varepsilon}),$$

δk_0 étant la variation de valeur propre consécutive à la variation δV_0, δS_0 et $\delta\omega_0$, variation de pulsation propre correspondante. L'équation (5) aura donc pour expression

$$(6)\qquad 2\sqrt{\mu\varepsilon}\,\delta\omega_0+\omega_0\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\,\delta\mu+\omega_0\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\,\delta\varepsilon=-\frac{\oint\left(E_0\frac{\partial E}{\partial n}-E\frac{\partial E_0}{\partial n}\right)ds}{\iint_S E_0^2\,dS},$$

car on peut assurément supposer que les fonctions propres E_0 et E sont sensiblement égales en raison des faibles variations de surface et de volume admises et que, par suite,

$$\iint_S E_0 E\,dS\approx\iint_S E_0^2\,dS.$$

Ceci établi, considérons en particulier les conditions aux limites suivantes pour une onde du type TM_{01}

$$E_0=0 \text{ sur } s_0,\qquad E=0 \text{ sur } s,$$

E_0 et E étant les composantes axiales (tangentielles).

Il résulte alors de (6)

$$(7)\qquad 2k_0\,\delta k_0=-\frac{\oint_s E_0\frac{\partial E}{\partial n}\,ds}{\iint_S E_0^2\,dS}.$$

Si l'on remplace encore dans cette formule $\partial E/\partial n$ par $\partial E_0/\partial n$, ce qui est légitime au degré d'approximation admise, il est possible de calculer la variation de fréquence propre $\delta f=\delta\omega_0/2\pi$ à partir des fonctions propres non perturbées E_0

$$\delta f_0=-\frac{1}{4\pi\omega_0\mu\varepsilon}\left[\frac{\oint_s E_0\frac{\partial E_0}{\partial n}\,ds}{\iint_S E_0^2\,dS}\right],$$

en admettant que, lors de la variation de volume, la perméabilité et la constante diélectrique de la cavité restent constantes.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Propagation d'une perturbation dans un guide électrique.* Note de M. **Maurice Cotte**.

Nous examinons un cas idéal : la propagation d'une perturbation décomposable en ondes d'un même type, mais de fréquences différentes dans un guide rectiligne à parois parfaitement conductrices. Rappelons qu'un type d'onde est caractérisé par une distribution bien déterminée de lignes nodales dans la section droite, et que, pour n'importe quel type d'onde, la constante de propagation est

$$(1)\qquad \delta=\frac{1}{c}\sqrt{\omega_0^2-\omega^2}.$$

Dans (1) c est la vitesse de l'onde dans le milieu qui, remplit le guide, ω est la pulsation de l'onde, ω_0 la pulsation de coupure, qui est une constante bien déterminée pour une section de guide et un type d'onde donnés.

Une composante du champ électrique ou magnétique, qui en un point déterminé de la section $x = 0$ du guide, dépend du temps t selon la loi

(2) $$y_0 = a\, e^{i\omega t},$$

variera, au point homologue d'une section d'abscisse x, selon la loi

(3) $$y = a\, e^{-\delta x}\, e^{i\omega t}.$$

Nous voulons rechercher la fonction $y(t)$ qui correspond à la loi de variation

(4) $$y_0 = \eta(t),$$

avec

(5) $$\begin{cases} \eta(t) = 0 & \text{pour } t < 0, \\ \eta(t) = 1 & \text{pour } t > 0. \end{cases}$$

Remarquons d'abord que, quelle que soit la loi de variation de $y(t)$, en tout point M d'une même section droite, une même composante du champ varie selon une loi semblable

(6) $$y_M(t) = C\, y(t),$$

où la constante C dépend du point M, mais ni de x, ni de t. Cela résulte de ce que, en régime permanent, le rapport des valeurs que prend une même composante d'un champ en deux points d'une même section droite ne dépend ni de z, ni de ω.

Si nous envisageons une autre composante, sa loi de variation sera différente. Par exemple, si, dans la section $x = 0$ d'un guide cylindrique de révolution, la composante radiale E_ρ dépend du temps selon la loi [1]

(7) $$E_\rho = -\alpha J'_m(\alpha\rho) \sin m\varphi \,.\, \eta(t),$$

où les constantes m et $\alpha = \omega_0/c$ caractérisent le type de l'onde, où J'_m est la dérivée de la fonction de Bessel J_m, et où $\eta(t)$ est donné par (5), les autres composantes pour $x = 0$ sont données par

(8) $$\begin{cases} E_x = c\alpha^2 J_m(\alpha\rho) \sin m\varphi \displaystyle\int_0^t J_0(\omega_0 t)\, dt, \\ E_\varphi = -\dfrac{m}{\rho} J_m(\alpha\rho) \cos m\varphi \,.\, \eta(t), \\ H_x = 0, \\ H_\rho = \dfrac{m}{\rho} J_m(\alpha\rho) \cos m\varphi \,.\, J_0(\omega_0 t), \\ H_\varphi = -\alpha J'_m(\alpha\rho) \sin m\varphi \,.\, J_0(\omega_0 t). \end{cases}$$

---

(1) Les notations sont celles du livre de M. LOUIS DE BROGLIE, *Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques*, 1941, pp. 37 à 41.

D'autre part, quelle que soit la forme de la section du guide, l'expression $y(t)$ d'une composante du champ au point d'abscisse x, lorsque la même composante au point homologue de la section $x=0$ est donnée par (4) et (5), est

$$(9)\qquad y(t)=\begin{cases} 0 & \text{pour } t < t_0=\dfrac{x}{c},\\ 1-\dfrac{\omega_0 x}{c}\displaystyle\int_{t_0}^{t}\dfrac{J_1\left(\omega_0\sqrt{\tau^2-t_0^2}\right)}{\sqrt{\tau^2-t_0^2}}\,d\tau & \text{pour } t > t_0. \end{cases}$$

Si, pour les valeurs de t supérieures à t_0, nous posons

$$(10)\qquad u=\frac{\omega_0(t-t_0)}{2\pi} \quad \text{et} \quad \lambda=\omega_0\frac{x}{c},$$

nous avons les expressions approchées

$$(11\,a)\qquad y(t)=1-\lambda\pi u+\frac{1}{4}(\lambda\pi u)^2-\frac{1}{6}(\lambda\pi u)^3\left(\frac{1}{6}-\frac{1}{\lambda^2}\right)+\ldots,$$

valable sous la double condition $2\pi u \leqslant 0{,}41\lambda$ et $2\pi u < 1$, et

$$(11\,b)\qquad y(t)=e^{-\lambda}-\frac{\lambda}{2\pi^2}u^{-\frac{3}{2}}\sin 2\pi\left(u+\frac{\lambda}{2\pi}-\frac{3}{8}\right)+\ldots,$$

valable sous la double condition $2\pi u \geqslant 0{,}41\lambda$ et $2\pi u > 8$.

La démonstration des formules (8), (9) et (11), qui est assez facile par les méthodes du calcul symbolique, sera publiée ailleurs.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *La structure fine des atmosphériques. Contribution à l'étude de l'ionosphère.* Note (¹) de M. **René Rivault**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons déjà exposé succinctement les dispositifs employés pour l'enregistrement des formes d'atmosphériques, perturbations radioélectriques individuelles émises par l'éclair [2]. Depuis 1941, nous avons ainsi analysé plus de 6000 oscillogrammes d'atmosphériques et les résultats peuvent être décrits comme suit. Précisons tout d'abord que ces enregistrements eurent lieu entre le coucher et le lever du Soleil, les formes obtenues pendant le jour étant trop marquées par l'absorption pour pouvoir représenter l'atmosphérique dans tous ses détails.

Les oscillogrammes peuvent être classés en plusieurs types bien définis.

Le type 1 est caractérisé par un grand nombre de crêtes d'amplitude séparées par des temps de 35 à 80 μs, d'amortissement exponentiel soit régulier, soit variable par paliers. La durée totale de l'atmosphérique

---

(¹) Séance du 15 octobre 1945.

(²) *Comptes rendus,* **216**, 1943, p. 494.

varie dans de grandes proportions d'une centaine de microsecondes à plusieurs millisecondes. Ce type, plus fréquent l'été que l'hiver, est reçu d'une façon permanente pendant toute l'année. Nous le rattachons au leader stroke, première partie de la décharge orageuse, mise en évidence par Schonland. La complexité de l'oscillogramme rend malaisée la recherche d'une influence ionosphérique sur la forme de cet atmosphérique.

Le type 2 se compose de trois demi-alternances de grande amplitude, les deux crêtes de même signe étant séparées par un temps compris entre 35 et 75 μs, le plus souvent une cinquantaine de microsecondes. Il est enregistré dans sa forme la plus nette au cours d'orages locaux, le plus souvent par familles de plusieurs individus. Cette représentation correspond à celle du troisième terme de la formule de Hertz, terme de rayonnement proportionnel à $1/d$, et nous rattachons cette forme au return stroke de Schonland.

La netteté et la courte durée de ce type permettent une analyse précise des réflexions multiples de l'atmosphérique entre le sol et l'ionosphère : ces échos suivent le signal direct sur l'oscillogramme lorsque certaines conditions de propagation sont remplies. On obtient alors le type 4, qui permet, par le dépouillement d'un seul oscillogramme, de connaître la hauteur équivalente de la région ionisée réfléchissante et la distance du foyer orageux. Ces oscillogrammes sont reçus entre le coucher et le lever solaires lorsque le foyer est à une distance du récepteur comprise entre 200 et 1500^{km} environ, et, comme des essais récents nous l'ont montré, lorsque la densité d'ionisation de la région E, mise en évidence par des réflexions à l'incidence verticale d'ondes de longueur voisine de 46^{m}, est encore assez forte après le coucher solaire pour donner lieu à la région dite E anormale ($h = 115 \pm 5^{km}$). Ceci nous amène à penser que les hauteurs équivalentes trouvées, au cours de ces quatre années d'enregistrement, hauteurs variant de 75 à 90^{km}, représentent la partie inférieure de la région E, responsable de la réflexion des atmosphériques dont le maximum d'énergie se trouve réparti dans la partie du spectre radioélectrique comprise entre 5 et 50 kc/s.

Le nombre des échos bien définis figurant sur les types 4 augmente d'une demi-douzaine pour un foyer situé à $300\text{-}500^{km}$ à une trentaine pour des foyers distants de $1000\text{-}1800^{km}$; ces derniers enregistrements ne se rencontrent que pendant l'automne. Lorsque la distance est inférieure à une centaine de kilomètres, il n'est pas rare de constater des réflexions faibles mais nettes provenant d'une région ionisée située à une quarantaine de kilomètres de hauteur.

Enfin il est fréquent de rencontrer sur un même oscillogramme les atmosphériques des types 1 et 2 ou 1 et 4 dont la succession est l'image

radioélectrique de la décharge orageuse, telle qu'elle a été décrite par Schonland.

Le type 3 se présente sous la forme d'un train d'ondes sinusoïdales amorties dont la pseudo-période des alternances successives croît d'environ de 70 à 225 μs, la crête de plus grande amplitude étant généralement la deuxième ou la troisième. Il est reçu nuit et jour et paraît provenir de foyers aussi éloignés que 2000^{km}; c'est le type d'hiver.

Il est hors de doute qu'il faille voir là une suite de réflexions multiples successives d'un atmosphérique dont l'onde directe ne nous parvient pas et dont la propagation dans un milieu dispersif a régulièrement arrondi les crêtes d'amplitudes. Les procédés de dépouillement utilisés pour l'interprétation du type 4 ne s'appliquent plus ici et, jusqu'à présent, nous n'avons pu obtenir de données télémétriques avec cette forme. Quoi qu'il en soit, la limite vers laquelle tend la pseudo-période conduit à penser que la région ionisée responsable de ces réflexions est située à une quarantaine de kilomètres de hauteur. M. A. Haubert ([3]), analysant ce type, explique ses caractéristiques par une propagation guidée entre le sol et l'ionosphère et trouve une hauteur équivalente du même ordre de grandeur.

Le type 5 a tantôt les caractères du type 3 et tantôt ceux du type 4. Les crêtes d'amplitude représentatives des échos successifs sont souvent nettes, mais l'intervalle de temps qui les sépare tend vers 250 à 300 μs; leur amortissement est beaucoup plus rapide que celui qui caractérise les formes déjà rencontrées. Le dépouillement de ces oscillogrammes est difficile, parfois impossible. Nous l'interprétons comme un type de transition, enregistré à la fin des périodes orageuses, et son étude révèle une ionosphère non plane et non parallèle au sol. Les hauteurs équivalentes trouvées, dans les cas les plus favorables, sont aussi de l'ordre d'une quarantaine de kilomètres.

En résumé, les principales formes d'atmosphériques rencontrées après le coucher du Soleil sont représentées par les types 1 et 2, correspondant au leader et au return strokes. Les types 3, 4 et 5 sont des formes modifiées par la propagation et comprennent les différents échos de l'atmosphérique initial. L'étude de ces formes permet d'étudier le rôle de l'ionosphère dans la propagation de ces ondes de faible fréquence.

([3]) *Thèse de Doctorat*, Poitiers, juillet 1945

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude de la structure fine des atmosphériques*. Note [1] de M. **André Haubert**, présentée par M. Charles Maurain.

Les enregistrements des formes d'atmosphériques effectués par Schonland en Afrique du Sud [2], par Laby en Australie [3] et récemment par R. Rivault en France [4] ont révélé que certaines de ces formes étaient constituées par une impulsion unique suivie de ses échos entre le sol et l'ionosphère. La mesure des retards entre les différents échos a permis de déterminer la hauteur de la région réfléchissante et la distance approximative des sources. D'après les résultats obtenus par les auteurs cités ci-dessus, les réflexions auraient lieu entre 75 et 90^{km} d'altitude.

Par contre d'autres formes, se présentant sous l'aspect d'un train d'ondes amorties, n'ont pu être interprétées au moyen de l'optique géométrique.

Nous avons alors supposé qu'elles pouvaient être constituées d'ondes plus générales que les ondes électromagnétiques transversales ou ondes ordinaires. L'étude de la propagation dans les guides a montré d'ailleurs la réalité physique de telles ondes.

Les équations de propagation des ondes magnétiques transversales, ou ondes E, sont :

$$\text{rot}\vec{H} = (g + j\omega\varepsilon\varepsilon_0)\vec{E}, \qquad \text{rot}\vec{E} = -j\omega\mu\mu_0\vec{H}, \qquad \text{div}\vec{H} = 0,$$

où H est le champ magnétique exprimé en ampères par centimètre;

E, le champ électrique en volts par centimètre;

g, la conductibilité du milieu en $\mu\Omega$ par centimètre;

ε, le pouvoir inducteur spécifique relatif au vide;

μ, la perméabilité relative au vide;

$\varepsilon_0 = 1/36\pi.10^{11}$;

$\mu_0 = 4\pi.10^{-9}$.

Utilisant la méthode de S. A. Schelkunoff [5], nous avons fait choix des nouvelles variables, V et A, définies par les relations

$$\vec{E}_t = -\,\text{grad}\,\vec{V}, \qquad \text{rot}\vec{A} = \vec{H},$$

où V est un potentiel scalaire; $\vec{E}_t$, la composante électrique transversale de l'onde et $\vec{A}$, un vecteur parallèle à la direction de propagation z.

---

(1) Séance du 15 octobre 1945.

(2) Schonland, Elder, Hodges, Phillips, Van Wyk, *Proc. Roy. Soc.*, A, **176**, 1940, pp. 180-202.

(3) Laby, Nicholl, Nickson, Mc Neill, *Nature*, **143**, 1939, p. 873.

(4) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 494.

(5) *Proc. Inst. of Radio Eng.*, **25**, 1937, xi, pp. 1457-1492.

Grâce à ces nouvelles variables, les équations de propagation peuvent s'écrire

$$\frac{\partial A}{\partial z} = -(g + j\omega\varepsilon\varepsilon_0)V,$$

$$\frac{\partial V}{\partial z} = -\left[j\omega\mu\mu_0 + \frac{\delta^2}{g + j\omega\varepsilon\varepsilon_0}\right]A,$$

où δ est une constante qui peut être complexe; ces équations sont de forme identique à celle des équations de propagation dans les lignes de transmission.

Dans le cas de la propagation d'ondes E entre deux plans conducteurs, le calcul montre que le milieu situé entre les deux plans se comporte comme un filtre passe-haut, dont la longueur d'onde de coupure, λ_c, est égale à deux fois la distance des plans. De plus, si la conductibilité des plans n'est pas parfaite, il apparaît une atténuation croissante avec la fréquence, transformant ainsi le filtre passe-haut en filtre passe-bande. Dans ce cas, la fréquence de moindre atténuation est égale à la fréquence de coupure multipliée par $\sqrt{3}$.

La transposition des équations de propagation dans l'espace en équations de propagation dans les lignes permet d'utiliser les calculs habituels relatifs à la propagation des phénomènes transitoires dans celles-ci. L'impulsion primaire suivie de ses échos successifs sur deux plans imparfaitement conducteurs se transforme en un train d'oscillations dont la pseudo-période est égale à l'écart entre deux échos successifs. Celle-ci tend à augmenter, mais l'amplitude est d'autant plus atténuée que cette pseudo-période est proche de la fréquence de coupure du guide.

L'étude des oscillogrammes enregistrés montre que l'atténuation ne permet pas d'observer des pseudo-périodes plus longues que 250 μs. La pseudo-période la plus fréquemment observée est de 200 μs.

Cette valeur conduit à admettre une fréquence de coupure du guide de l'ordre de $200 \times \sqrt{3} = 340$ μs, correspondant à une longueur d'onde critique de 100^{km} et à une hauteur de réflexion de 50^{km} environ.

D'autre part, si l'on suppose qu'il existe une certaine ionisation de l'espace compris entre les deux plans, il apparaîtra, sous l'influence du champ magnétique terrestre, une bande passante au-dessous de la fréquence de coupure normale du guide. Cela expliquerait l'observation d'une bande de fréquence non atténuée, située en dessous de 1000 p/s, faite par Appleton et Chapman ainsi que par Watson Watt, Herd et Lutkin.

L'existence d'une discontinuité de l'atmosphère à 50^{km} d'altitude, région où se produit un relèvement brusque de la température, paraît donc être la cause de la différence de forme qui existe entre certains types d'atmosphériques. La fréquence critique de cette région assurerait ainsi une séparation entre les modes de propagation des composantes du spectre

des atmosphériques, les composantes de fréquences inférieures à cette fréquence critique obéissant aux lois de la propagation guidée, et celles de fréquences supérieures aux lois de la propagation optique ordinaire.

SPECTROGRAPHIE. — *Spectre infrarouge des polypeptides et de quelques amides substituées aliphatiques dans la bande de* 5 *à* 8$^{\mu}$. Note (1) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons signalé (2) que toutes les protéines ont, entre 5 et 8$^{\mu}$, le même spectre d'absorption caractérisé par les maxima

6,02	6,41-6,57	6,84	7,15	compris entre 7,40 et 7,50
fort	fort et double	moyen	moyen	moyen

L'indépendance de ce spectre vis-à-vis de la variété des acides aminés constitutifs et des dénaturations de toute sorte, ainsi que l'impossibilité de le modifier autrement que par hydrolyse, indique une participation importante de la liaison peptique. Nous avons été conduit à lui attribuer toutes les bandes observées en dehors de celle de 6$^{\mu}$,84 et 7$^{\mu}$,15 qui appartiennent aux vibrations de CH^2 et de CH^3.

S'il en est ainsi, on doit retrouver la même courbe d'absorption pour tous les peptides et même pour les amides N-mono-substituées dont les peptides ne sont qu'une variété particulière.

Nous avons étudié le spectre de 19 peptides très divers et de 3 amides substituées aliphatiques. Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau ci-joint.

Les peptides à longue chaîne ont le même spectre que les protéines. Parmi les tripeptides, la diglycylglycine a encore une absorption typique de protéine; mais la nature des acides aminés constitutifs commence à se faire sentir. Les modifications apportées sont toutefois assez modérées pour que l'on puisse retrouver les grandes lignes du spectre protéinique.

Dans le cas des dipeptides la différence avec les protéines est plus marquée. On peut toutefois retrouver des analogies, assez grandes, dans certains cas (glycyltyrosine).

Il faut noter en outre que les modifications du pH sont susceptibles de modifier l'absorption des di- et tripeptides, contrairement à ce qui se passe pour les peptides lourds et les protéines.

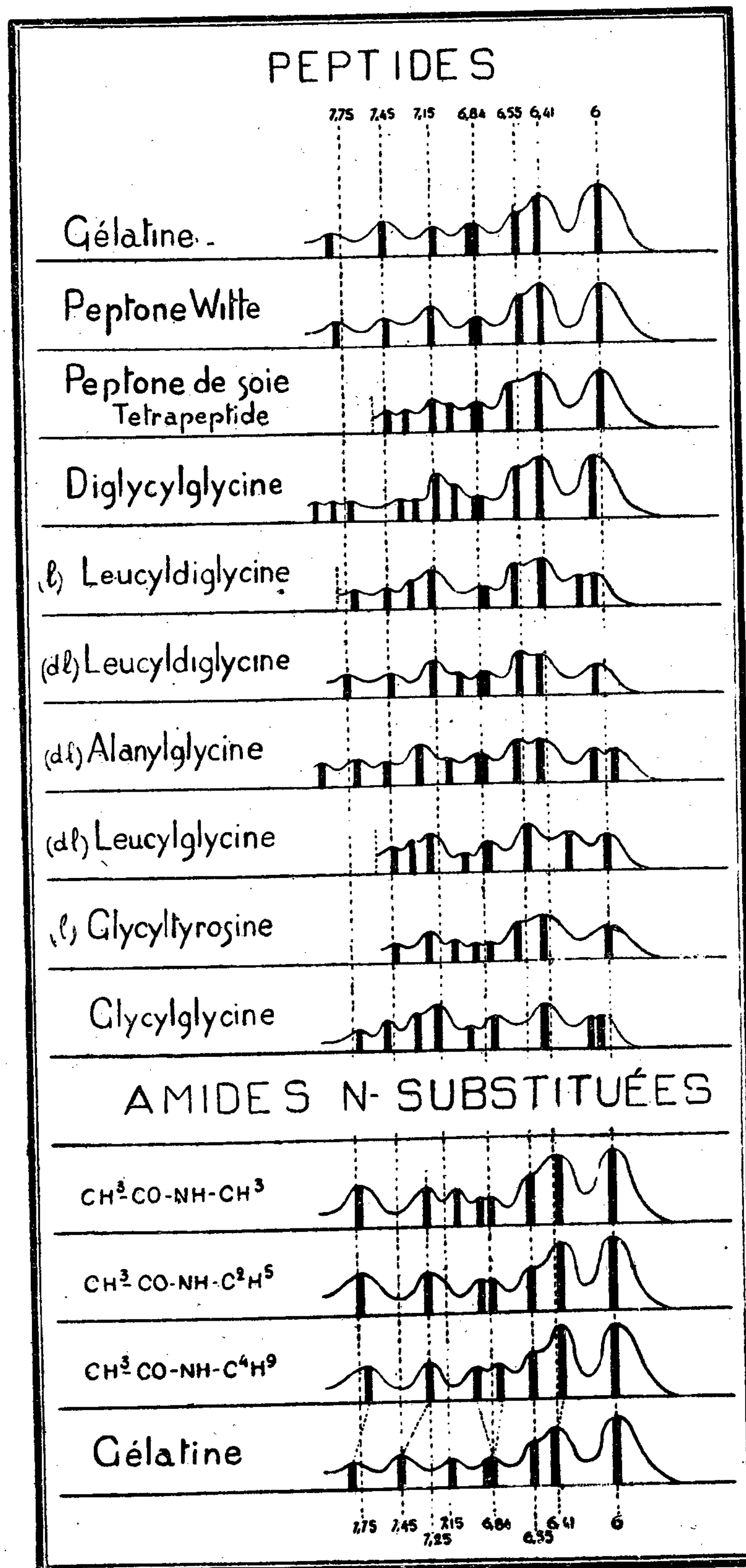
Il y a lieu de penser que les différences observées entre les peptides légers et lourds sont dues à la proportion relativement grande dans les premiers de radicaux NH^2 et COOH par rapport aux groupements amides substitués.

---

(1) Séance du 15 octobre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 58.

Ces radicaux présentent en effet une absorption sélective dans la bande des 5 à 8$^{\mu}$, essentiellement variable comme leur structure avec les conditions expérimentales, en particulier avec le pH.



Dans les peptides lourds au contraire, malgré la présence d'assez nombreux acides aminés à chaîne latérale polaire, la proportion des NH^2 et CO OH reste faible par rapport aux groupements amides substitués, et de ce fait la courbe générale d'absorption n'est pas modifiée.

Cette manière de voir est confirmée par l'étude des amides N-mono substituées dont le spectre, presque identique à celui des protéines les plus complexes, montre bien que la fonction amide est le facteur déterminant du spectre des protides dans la région étudiée. Il convient de noter, comme nous l'avons déjà fait à propos du spectre des protéines qu'on ne trouve pas vers $5^{\mu},80$, la bande que fait prévoir le radical $C = O$ de la liaison peptidique, cette anomalie indiquant pour la molécule amide substituée et la liaison peptidique une structure particulière.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Comportement des corpuscules dans un champ extérieur; application au nucléon.* Note [1] de M. **Robert Murard.**

1. Quand un corpuscule se trouve placé dans un champ extérieur, son hamiltonien prend la forme

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 + \mathbf{A},$$

H étant l'hamiltonien du corpuscule libre; **A** est dit *opérateur des actions extérieures*. M. Destouches [2] a montré que l'opérateur **A** doit satisfaire à certaines conditions d'invariance relativement à une rotation d'axes, à une transformation simple de Lorentz, à une symétrie. On peut admettre en outre les propositions suivantes :

1° Le champ extérieur est défini en chaque point et à chaque instant par la donnée de quantités U_0, U_i, U_{ij}, ... se comportant comme les coordonnées de tenseurs d'ordre 0, 1, 2, ...;

2° L'opérateur **A** est fonction linéaire de ces quantités (ceci est vrai tout au moins dans le cas d'un champ extérieur faible), on peut donc écrire

$$\mathbf{A} = \mathbf{\Omega}_0 U_0 + \sum_i \mathbf{\Omega}_i U_i + \sum_{ij} \mathbf{\Omega}_{ij} U_{ij} + \ldots,$$

les quantités $\mathbf{\Omega}_0$, $\mathbf{\Omega}_i$, $\mathbf{\Omega}_{ij}$, ... étant des opérateurs de l'anneau fondamental.

3° Les opérateurs $\mathbf{T}_{ij}$, $\mathbf{T}_i$, $\mathbf{S}_{sy}$ de l'anneau fondamental du corpuscule sont les mêmes qu'en l'absence de champ (dans le cas d'un champ extérieur faible, il suffit d'admettre qu'ils n'en diffèrent que de quantités petites).

Les conditions précédentes suffisent pour déterminer l'opérateur **A**.

On peut appliquer ce qui précède au cas d'un champ électromagnétique, en définissant celui-ci par le quadrivecteur potentiel (Π_x, Π_y, Π_z, V) et le tenseur dérivé.

2. Dans le cas d'un corpuscule de Dirac de spin 1/2, l'opérateur des actions extérieures est la somme de deux termes $\mathbf{A}_1$ et $\mathbf{A}_2$:

$$\mathbf{A}_1 = \mathcal{C}(\Pi_x \alpha_1 + \Pi_y \alpha_2 + \Pi_z \alpha_3 + V), \qquad \mathbf{A}_2 = \mathcal{D}(\vec{H}.\vec{\mathcal{M}} - \vec{h}.\vec{\mathcal{P}}).$$

---

(1) Séance du 17 juillet 1944.

(2) *Principes fondamentaux de Physique théorique*, III, 1942, pp. 726-740.

$\mathbf{A}_1$ est le terme classique de l'équation de Dirac, à condition de définir la charge par la quantité $\mathcal{C}$; le terme $\mathbf{A}_2$ montre la possibilité d'une action secondaire des champs magnétique $\vec{\mathrm{H}}$ et électrique $\vec{h}$ sur les moments propres, et par suite d'une anomalie des moments mesurés par rapport à ceux qui résultent du terme $\mathbf{A}_1$. On doit supposer $\mathcal{D}$ nul pour l'électron.

3. Dans une Note précédente ([2]), j'ai montré que le nucléon pouvait être considéré comme un corpuscule de spin $1/2$ et de masse double, les trois composantes τ_x, τ_y, τ_z du spin isotopique constituant avec l'opérateur $\mathbf{I}$ les générateurs de l'anneau dont fait partie l'opérateur de masse; les valeurs $\tau_z = +1$ et $\tau_z = -1$ caractérisent respectivement l'état proton et l'état neutron.

L'opérateur $\mathbf{A}$ résultant de cette théorie a la même forme que dans le cas d'un corpuscule de Dirac de spin $1/2$; les quantités $\mathcal{C}$ et $\mathcal{D}$ ne sont plus nécessairement des constantes, mais des opérateurs de l'anneau dont les générateurs sont $\mathbf{I}$, τ_x, τ_y, τ_z.

Si l'on tient compte du principe de conservation du spin isotopique que nous avons énoncé ([3]), on voit que les opérateurs $\mathcal{C}$ et $\mathcal{D}$ commutent avec l'opérateur τ_z et sont par suite de la forme

$$\mathcal{C} = \mathcal{C}_1 + \mathcal{C}_2 \tau_z,$$
$$\mathcal{D} = \mathcal{D}_1 + \mathcal{D}_2 \tau_z.$$

4. Nous devons définir la charge du nucléon par le coefficient du terme en $\pi_x \alpha_1 + \pi_y \alpha_2 + \pi_z \alpha_3 + \mathrm{V}$ dans l'expression de $\mathbf{A}$: à la grandeur physique *charge du nucléon* est donc associé l'opérateur $\mathcal{C}$.

On voit que la charge est liée étroitement au spin isotopique; elle a deux valeurs possibles qui sont les deux valeurs propres de l'opérateur $\mathcal{C}$.

On admettra pour le nucléon

$$\mathcal{C}_1 = \mathcal{C}_2 = \frac{e}{2}.$$

5. Si l'on admet que pour le nucléon les constantes $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ peuvent être différentes de zéro, on constate que l'on peut prévoir des anomalies dans les résultats de mesure des moments magnétique et électrique.

On peut en effet reprendre à l'aide des formules qui précèdent la théorie de la mesure du moment magnétique du nucléon par une expérience de déviation dans un champ magnétique (Stern et Gerlach). On constate qu'à l'approximation non relativiste, tout se passe comme si le nucléon avait un moment magnétique propre égal à

$$\frac{eh}{4\pi \mathrm{M}_0 c}(1 + \mathcal{D}).$$

On peut alors rendre compte des anomalies expérimentales si l'on pose

$$\mathcal{D}_1 = -0{,}58,$$
$$\mathcal{D}_2 = 2{,}36.$$

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 577; J.-L. Destouches, *ibid.*, **219**, 1944, p. 575.

La théorie qui précède, basée sur la considération d'actions extérieures plus complexes que les actions classiques, permet de décrire les anomalies observées de façon plus satisfaisante qu'en introduisant une moyenne entre les états proton et neutron.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La définition des acides et des bases.* Note de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Paul Langevin.

Il est peu aisé de définir les acides et les bases autrement que par leur propriété fondamentale de jouer un rôle antagoniste dans la génération des sels. Les difficultés proviennent, pour une grande part, de l'existence de deux types d'acides, les oxacides et les hydracides, qui dérivent ou non d'un oxyde acide, et de deux types de bases qui dérivent ou non d'un oxyde basique. La théorie ionique a conduit à considérer que, dans le cas usuel des solutions aqueuses, les acides engendrent des ions hydrogène et les bases des ions hydroxyle; aucun fait ne peut encore être opposé à cette conception. Cependant une autre définition a été proposée par Brönsted [1], selon laquelle est un *acide* toute molécule ou tout ion capable d'émettre des ions hydrogène et une *base* toute molécule ou tout ion capable de fixer les ions hydrogène. Cette théorie ne s'est guère diffusée en France; elle présente *a priori* l'inconvénient d'être en désaccord avec le concept fondamental du rôle antagoniste dans la formation des sels, mais elle conduit de plus à la plus grande confusion, comme nous nous proposons de le montrer.

1. Considérons d'abord, par exemple, le cation alumino-hexahydrine $[Al(H^2O)^6]^{+++}$, que Brönsted définit comme acide parce qu'il est susceptible de produire un ion hydrogène et l'ion alumino-hydroxy-pentahydrine $[Al(OH)(H^2O)^5]^{++}$. Cette réaction implique l'hydratation d'un ion aluminium suivie d'un phénomène d'hydrolyse. Conformément aux connaissances actuelles sur les structures, on peut se représenter qu'il y a interaction du cation aluminium et des dipôles que constituent les molécules d'eau; la forte charge du cation provoque des déformations importantes des molécules d'eau, ce qui se traduit par une probabilité appréciable de libération d'ions hydrogène. Comme en même temps un ion hydroxyle se lie à l'ion aluminium, on peut, en définitive, et en tenant compte des hydrolyses ultérieures, aussi bien considérer le cation alumino-hexahydrine comme triacide, ou l'alumine comme tribasique. Si l'on raisonne de même dans le cas d'anions, qui eux aussi s'hydratent, par exemple de l'anion sulfure, on doit dire que l'ion aquo-sulfure $[S(H^2O)^n]^{--}$ donne naissance à un ion hydroxyle et à l'ion aquo-sulfhydrique $[SH(H^2O)^{n-1}]^-$. C'est l'hydrogène du dipôle qui se trouve cette fois fixé par l'ion central. Ici encore il serait équivalent de considérer l'ion aquo-sulfure

(1) Son premier Mémoire date de 1923 (*Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **42**, p. 718), le dernier de 1934 (*Zeits. phys. Chem.*, A, **169**, p. 379).

comme dibasique, ou l'hydrogène sulfuré comme diacide. Mais il faut parler toujours le même langage et, si l'ion alumino-hydrine est acide parce qu'il produit des ions hydrogène, l'ion aquo-sulfure est basique parce qu'il libère des ions hydroxyle; ou, si l'ion sulfure est basique parce qu'il fixe des ions hydrogène, l'ion aluminium est acide parce qu'il fixe des ions hydroxyle.

2. Prenons maintenant l'exemple d'une solution aqueuse de gaz ammoniac; Brönsted attribue sa basicité à la fixation par les molécules NH^3 d'ions hydrogène issus de la dissociation ionique de l'eau. La théorie classique implique une réaction préalable d'addition de molécules NH^3 et H^2O (due à des actions de dipôles) et l'ionisation ultérieure du composé formé. Nous pensons qu'en réalité les deux mécanismes se superposent, mais que, dans l'eau pure, le second est prédominant. Il en va de même pour l'acidité d'une solution aqueuse de gaz sulfureux où la réaction prédominante doit être encore celle d'addition suivie d'une ionisation. Mais, si l'on étend le raisonnement de Brönsted du cas de l'ammoniac à celui de l'anhydride sulfureux, il faut dire en toute logique que l'acidité est due à la fixation directe par SO^2 des ions hydroxyle issus de la dissociation ionique de l'eau. On ne saurait admettre qu'on puisse, suivant les besoins, préférer tantôt un mécanisme, tantôt un autre.

3. Brönsted regarde l'eau elle-même tout à la fois comme un acide parce qu'elle produit des ions hydrogène, et comme une *base* parce qu'elle en fixe. En réalité l'ionisation de l'eau peut être attribuée aux interactions de ses dipôles; les ions hydrogène et hydroxyle, produits ainsi simultanément, sont hydratés comme tous les ions en solution aqueuse; Brönsted ne fait autre chose, somme toute, que d'attribuer le caractère *basique* de l'eau à l'hydratation des ions hydrogène. Mais le phénomène de solvatation des ions est général et l'on en arrive ainsi à dire que tout solvant acide, parce qu'il libère des ions hydrogène, doit *ipso facto* être considéré comme *basique*, puisque les ions hydrogène produits sont solvatés.

4. La théorie de Brönsted entend faire jouer le même rôle aux ions et aux molécules *acides* ou aux ions et aux molécules *basiques*, alors que les mécanismes de réaction sont différents. En vérité tous les phénomènes que Brönsted a interprétés par des transferts directs d'ions hydrogène s'expliquent par des interactions ions-dipôles ou dipôles-dipôles. Il va de soi qu'on ne saurait, en l'absence d'eau, invoquer des phénomènes d'hydrolyse, mais il se produit dans les autres solvants des phénomènes analogues de solvolyse, dans lesquels le rôle que joue l'ion hydroxyle dans le cas des solutions aqueuses est tenu par d'autres anions.

5. On a fait valoir que la définition de Brönsted facilitait l'étude mathématique des phénomènes en permettant d'établir un type unique de formules pour les solutions aqueuses acides ou basiques ([2]). Un tel argument ne résiste

---

([2]) Voir en particulier H. Jörgensen, *Théorie, mesure et applications du* pH, traduit par J. Guéron, Paris, 1938, p. 116.

guère à l'examen. En effet une des équations qui permettent de résoudre les problèmes correspond à la condition d'électroneutralité de la solution; il est évident qu'ions et molécules *acides* ou *basiques* ne sauraient jouer le même rôle, puisque la concentration des uns figure dans cette équation et pas celle des autres. Aussi bien est-il aisé de démontrer que ce n'est que par des approximations, pas toujours légitimes, qu'on peut aboutir à un ensemble unique de formules.

Au total il ne nous paraît pas douteux qu'il faille s'en tenir aux fondements classsiques des notions d'acide et de base.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse dilatométrique et thermique du palladium hydrogéné*. Note de Mme et M. **André Michel**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que le palladium voit ses distances interatomiques et ses propriétés modifiées par insertion d'hydrogène dans son réseau cristallin. Cet hydrogène, qu'il soit engagé dans l'une ou l'autre des phases α et β, est faiblement lié au réseau; il peut s'en évader par dégazage à froid, et ceci sans qu'aucune modification survienne dans la répartition spatiale des atomes métalliques [1].

Dans cette Note nous voulons montrer que les techniques de l'analyse thermodilatométrique et thermique différentielle ont permis non seulement de confirmer les résultats déjà obtenus par les diagrammes de rayons X, mais encore de saisir l'évolution du réseau au moment même où l'hydrogène s'insère, et inversement de suivre le retour à l'état normal d'un réseau devenu instable par extraction d'hydrogène. Ces essais n'ont pu aboutir à des résultats corrects qu'en opérant en atmosphère d'hydrogène ou de gaz inerte parfaitement pur.

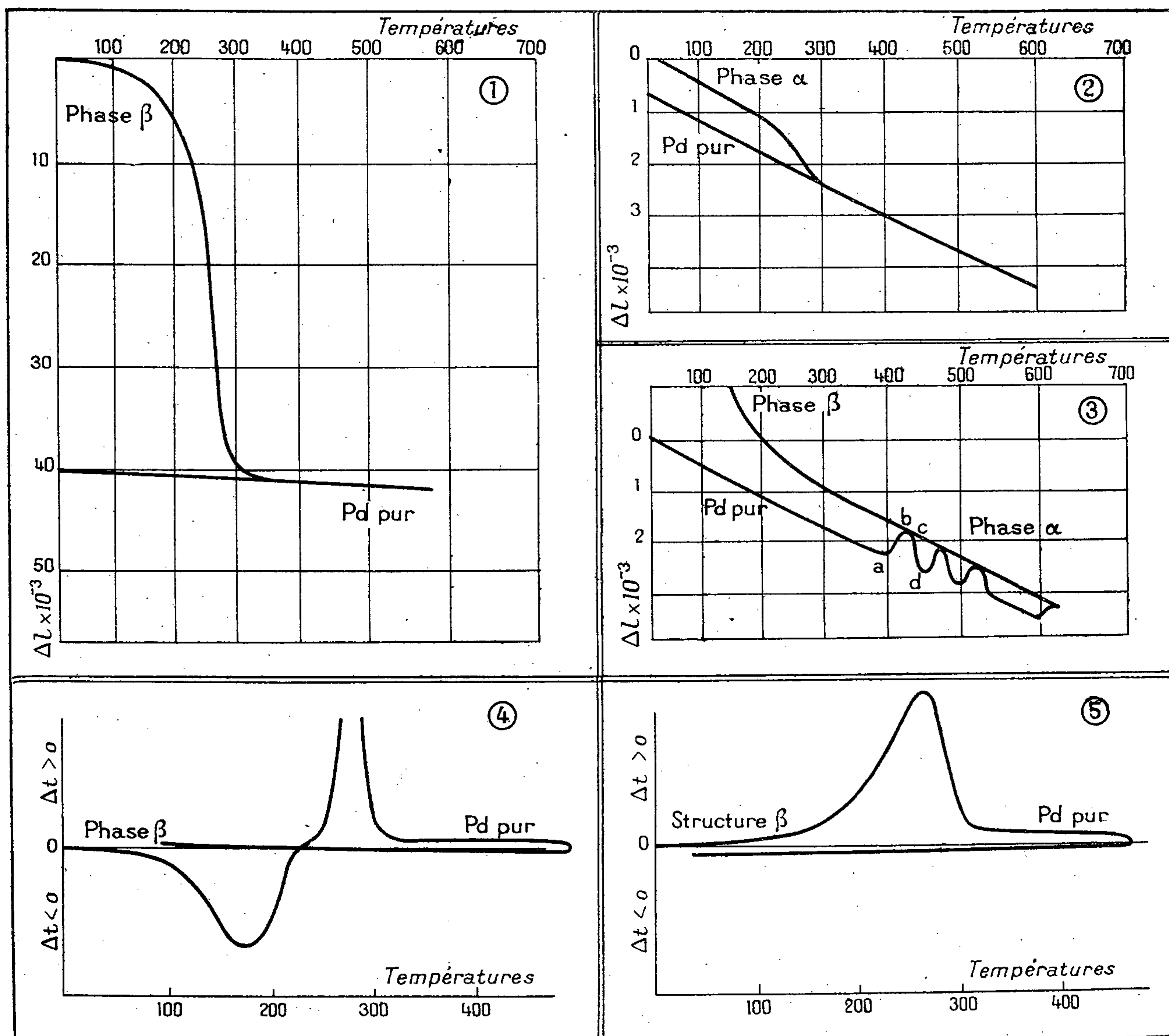
La figure 1 reproduit la courbe dilatométrique, dans l'azote, d'un bâtonnet de palladium hydrogéné (phase β). Dès 100°, la transformation de la phase β en palladium pur s'amorce, puis se fait plus rapide quand la température croît. Elle est terminée vers 300°. La contraction mesurée, de 40×10^{-3}, est en excellent accord avec le résultat du calcul (39×10^{-3}) basé sur la variation de paramètre (4,04 à 3,882 Å).

La figure 2 montre la courbe dilatométrique, dans l'azote, du même échantillon de palladium chargé d'hydrogène en phase α. Des phénomènes analogues apparaissent : on note seulement un relèvement jusqu'à 200° du début de la transformation. Il y a également accord entre le résultat de dilatométrie (contraction de $0,75 \times 10^{-3}$) et le résultat de calcul ($0,77 \times 10^{-3}$) effectué à partir des paramètres (3,885 et 3,882 Å).

---

(1) G. Chaudron, A. Portevin et L. Moreau, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 235; A. Michel, *Bull. Ass. Tech. Fond.*, **13**, 1938, p. 302; A. Michel et Mlle Gallissot, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 434; G. Chaudron, J. Bénard et A. Michel, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 913; A. Michel, J. Bénard et G. Chaudron, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, **12**, 1945, p. 337.

La figure 3 met en évidence la formation même des phases α et β. En (a), à 420°, le courant d'azote est remplacé par de l'hydrogène : en un temps de l'ordre de la minute se forme la phase $\alpha(a, b)$; puis la phase α se dilate. En (c) l'azote est substitué à l'hydrogène : une contraction (c, d) marque le passage de la phase α au palladium pur. La même opération peut être répétée plusieurs fois; l'ampleur des anomalies va en s'amoindrissant quand la température s'élève, ce qui traduit l'appauvrissement progressif de la phase α. Par refroidissement dans l'hydrogène, on observe, à partir de 300°, la formation de la phase β.



L'analyse thermique différentielle, effectuée dans l'azote sur un échantillon constitué par la phase β (*fig.* 4), nous montre dès la température ordinaire une absorption de chaleur, due au départ de l'hydrogène; puis une importante anomalie exothermique, qui se produit vers 300°, due à la contraction du réseau. Si l'on effectue la même expérience sur un échantillon préalablement dégazé, on n'observe (*fig.* 5) seulement l'effet thermique dû à la contraction du réseau.

Ces expériences se trouvent donc être en parfait accord avec les faits précédemment observés : elles ont permis de mettre en évidence, chose assez rare, un effet thermique important dû à une variation d'énergie réticulaire.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les limites d'inflammabilité des mélanges d'éther méthylique et d'oxygène; influence de l'état de la paroi.* Note [1] de MM. **Guy Pannetier** et **Paul Laffitte**.

Nous avons déterminé, sous la pression atmosphérique, les limites d'inflammabilité des mélanges d'oxyde de méthyle et d'oxygène. Seule la limite supérieure a déjà été étudiée [2]. Cependant la valeur donnée (située entre 42 et 49 %) non seulement est peu précise, mais provient de conditions expérimentales discutables.

L'oxyde de méthyle, préparé par déshydratation du méthanol, était après purification conservé à l'état liquide. Le mélange gazeux utilisé pour les mesures était envoyé dans un gazomètre en verre permettant son agitation à l'aide d'un dispositif convenable [3] pour assurer une homogénéisation parfaite. Les limites ont été déterminées dans des tubes de 60^{cm} de longueur où l'inflammation était produite par une étincelle électrique jaillissant, dans des conditions toujours identiques, entre deux électrodes de tungstène disposées à une des extrémités du tube.

Limite inférieure. — Indépendamment des facteurs habituels (diamètre du tube, sens de la propagation etc.) nous avons observé une importante influence de l'état de la paroi (d'autant plus marquée que le diamètre est plus faible). On trouve ainsi deux limites inférieures L_1 et L_2. Au-dessous de la plus faible, L_1, les mélanges ne s'enflamment jamais. Au-dessus de L_2 la flamme se propage toujours sur toute la longueur du tube dès que jaillit l'étincelle. Entre L_1 et L_2 la première étincelle n'enflamme pas le mélange, même si on la fait jaillir pendant plusieurs secondes. Mais si l'on fait alors dans le tube un vide compris entre 10^{-2} et 10^{-3} mm (mais non au delà par pompage trop prolongé) et qu'on réintroduise un mélange identique au précédent, celui-ci s'enflamme dès que jaillit l'étincelle. Si après une première expérience négative, entre L_1 et L_2, on laisse le tube en relation avec la trompe à vapeur de mercure pendant au moins 30 minutes, l'essai ultérieur est également négatif. Il en est de même si, immédiatement après la première expérience, on chauffe le tube entre 200 et 300° tout en ne faisant le vide que pendant 15 minutes avant une nouvelle expérience. D'autre part, lorsqu'on fait le vide dans le tube après une expérience négative (toujours pour un mélange compris entre L_1 et L_2), on observe au début et au voisinage des électrodes un léger nuage de vapeur d'eau bientôt dissipé. Aussi avons-nous attribué les phénomènes précédents à de faibles quantités de vapeur d'eau adsorbée par les parois du tube et

---

(1) Séance du 29 octobre 1945.

(2) E. von Meyer, *J. prakt. Chem.*, 10, 1874, p. 273.

(3) G. Pannetier, *Chim. et Ind.*, 53, 1945, p. 319.

provenant d'une oxydation partielle de l'éther dans la région où jaillit l'étincelle. Cette hypothèse a été vérifiée directement par l'expérience suivante. Après avoir fait dans le tube un vide de 10^{-4} mm pendant 1 heure, on le remplit d'un mélange de concentration comprise entre L_1 et L_2; puis on introduit quelques gouttes d'eau dans le fond du tube. Le vide est alors réalisé jusqu'à évaporation totale de cette eau liquide. En introduisant à nouveau le mélange de concentration comprise entre L_1 et L_2, celui-ci s'enflamme dès que jaillit l'étincelle, exactement comme lorsque l'on a fait au préalable une expérience négative suivie d'un vide de 10^{-2} à 10^{-3} mm. Le tableau suivant résume les résultats numériques [% de $(CH^3)O^2$] à la température de 26°.

Diamètre du tube (mm).	Propagation ascendante		Propagation descendante	
	L_1.	L_2.	L_1.	L_2.
10............	4,56	5,33	4,24	4,99
15............	4,40	4,95	4,12	4,63
20............	4,19	4,57	4,00	4,39
25............	3,94	4,17	3,90	4,12

On voit que les limites sont plus élevées en propagation ascendante qu'en propagation descendante, fait tout à fait exceptionnel qui n'a été signalé qu'avec l'éther éthylique ([4]).

Les résultats précédents ne sont parfaitement reproductibles que si l'on effectue les expériences toutes les 35 à 50 minutes. Si, par exemple, on reprend les essais avec un tube qui n'a pas servi depuis quelques jours, la première flamme obtenue correspond à une limite L_3, supérieure à L_2, même si l'on a débuté avec une concentration inférieure à L_1. Après cette première expérience on peut enflammer des mélanges qui étaient préalablement ininflammables. Mais L_3 est assez difficile à déterminer avec précision. Il semble que le nombre d'essais négatifs, précédant immédiatement une expérience suivie d'inflammation, influe sur sa valeur. Et il faudrait, entre deux essais, laisser reposer le tube au moins une semaine pour obtenir une valeur à peu près exacte de L_3.

Limite supérieure: — Là encore l'état de la paroi dû à des inflammations préalables a une influence notable sur les résultats observés. Si le tube servant aux mesures n'a pas été utilisé depuis au moins 24 heures, on trouve une valeur L'_1 de la limite supérieure nettement inférieure à la limite L'_2 obtenue lorsqu'on a déjà réalisé une ou deux inflammations dans le tube. Les résultats obtenus à la température de 24° sont résumés par le tableau suivant :

([4]) A. G. White, *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 1244.

Diamètre du tube (mm).	Propagation ascendante		Propagation descendante	
	L'_1.	L'_2.	L'_1.	L'_2.
10	55,0	58,2	–	57,6
15	58,7	61,0	58,0	60,2
20	59,7	61,3	59,0	60,5
25	60,3	61,4	–	60,7

Dans la détermination de L'_1 la première flamme que l'on observe en abaissant progressivement la concentration du mélange en éther (et qui correspond à une teneur plus élevée en oxygène que celle des mélanges que l'on parviendra à enflammer ultérieurement) est très rapide et très violente et peut même provoquer le bris du tube.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude de l'ordre dans une solution solide métallique par le diagramme de diffusion des rayons* X. Note de MM. **André Guinier** et **R. Griffoul**, présentée par M. Charles Mauguin.

Un réseau géométriquement parfait, aux nœuds duquel alternent des atomes de deux sortes, de façon plus ou moins irrégulière, n'a pas une périodicité parfaite. Il en résulte qu'un tel cristal diffuse les rayons X en dehors des directions de réflexion sélective (réflexion de Bragg). Nous allons montrer comment, de l'étude expérimentale de ces diffusions, on peut tirer des renseignements sur le mode de répartition des atomes dans la maille, c'est-à-dire le degré d'ordre de l'alliage.

Prenons l'exemple schématique d'un réseau à une dimension garni d'atomes A et B en nombre égal. Le réseau est ordonné lorsque la succession des atomes est AB, AB, ... Le degré d'ordre à petite distance peut être défini par la probabilité σ pour un atome d'avoir un voisin de même nature [1]. $\sigma = 0$ pour le réseau ordonné, et $\sigma = 1/2$ pour le réseau parfaitement désordonné. On peut calculer le diagramme de diffraction en fonction du paramètre σ. Pour $\sigma = 0$, on a la succession des raies normales et des raies de surstructure, et aucun fond continu de diffusion. Quand l'ordre n'est pas parfait, σ est différent de zéro mais reste petit; chaque raie de surstructure est remplacée par une zone de diffusion d'intensité de plus en plus faible et de plus en plus large à mesure que le désordre s'accroît. Quand $\sigma = 1/2$, le désordre est complet et il existe un fond continu. On retrouve, dans ce cas particulier, pour le fond continu la valeur que Laue avait indiquée dans son calcul général de la diffusion pour une solution solide parfaitement désordonnée [2] : la diffusion est analogue

(1) Nix et Shockley, *Review of Modern Physics*, 10, 1, janv. 1938.

(2) Laue, *Ann. der Phys.*, 56, 1918, p. 497.

à celle d'un gaz, c'est-à-dire qu'elle présente un maximum d'intensité au centre du diagramme. Donc de la courbe de variation de la diffusion, que l'on peut trouver expérimentalement, on peut déduire une valeur du degré d'ordre σ.

Dans la présente Note nous décrirons seulement les diagrammes faits dans le but d'appliquer cette méthode et les premiers résultats qualitatifs qu'on en tire.

1. *Alliage or-argent équiatomique* Au-Ag. — Cette solution solide ne présente pas de surstructure : on admettait donc qu'elle était parfaitement désordonnée. Si cela était, comme nous venons de le rappeler, la diffusion serait maximum vers les petits angles. Nous avons fait le diagramme de diffusion d'un échantillon microcristallin avec le rayonnement monochromatisé Cu $K\alpha$. Quelques heures de pose font apparaître un très faible anneau diffus à la place de la raie 100, c'est-à-dire à la place d'une raie possible de surstructure. Les atomes d'argent et d'or ont donc, même dans cet alliage, un ordre partiel : un atome tend à s'entourer d'atomes de l'autre sorte.

2. *Alliage or-cuivre* Au-Cu. — Il se présente à l'état désordonné au-dessus de 388°, et ordonné au-dessous.

Un échantillon monocristallin, trempé à partir d'une température supérieure à 400°, donne un diagramme de diffusion avec un anneau à la place de la raie 100. Mais on peut s'imaginer que l'alliage a pu s'ordonner au cours de la trempe insuffisamment rapide, pour conserver intact l'état du métal à haute température. Aussi avons-nous dû faire des diagrammes de diffusion à haute température, ce qui présente de nombreuses difficultés expérimentales (nécessité d'avoir un très bon vide ou une atmosphère d'hydrogène). Les diagrammes de diffraction présentent encore un anneau : celui-ci est plus intense à 400°, c'est-à-dire juste au-dessus de la température critique, qu'à 550°. Ceci est une vérification directe de la théorie de Bethe; l'ordre à petite distance existe même dans l'alliage désordonné, et le degré d'ordre décroît quand la température s'élève.

Sur des échantillons trempés et soumis à des revenus progressifs, nous avons suivi la formation des raies de surstructure (notamment les raies 100 et 110). L'anneau primitif se renforce pour devenir la raie 100. Le maximum de diffusion aux environs de la raie 110 n'apparaît pas aux premiers stades de la transformation vers l'ordre. Quand il se manifeste, il est dédoublé, les deux composantes deviennent progressivement plus intenses et plus rapprochées et se fondent en la raie unique 110. Nous n'avons pas encore interprété ce phénomène; il laisse supposer que le mécanisme de la formation de la surstructure est plus complexe qu'on ne pouvait l'imaginer.

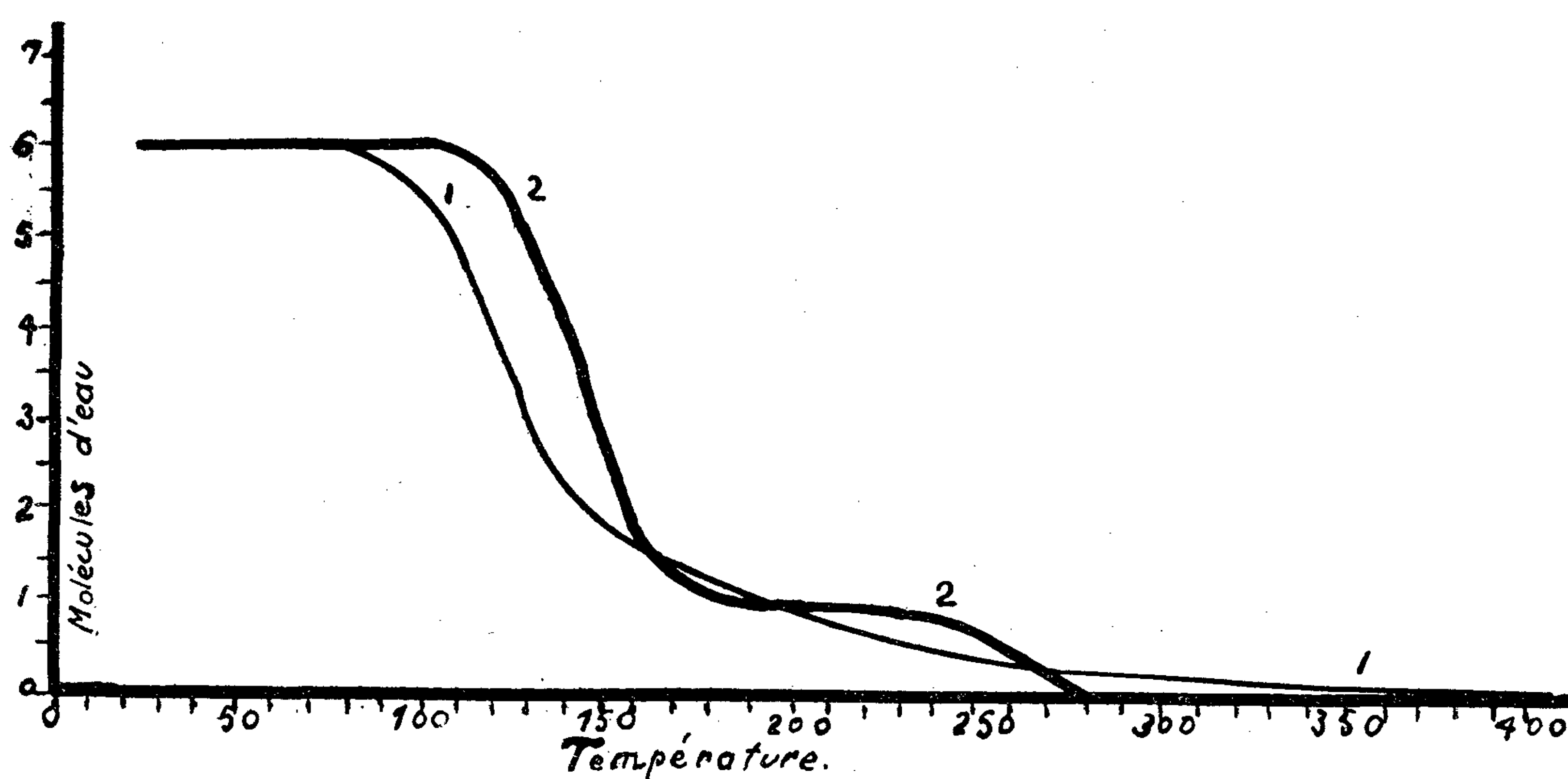
3. Nous avons aussi étudié les diagrammes de diffusion d'un monocristal de l'alliage $AuCu^3$ trempé et revenu, c'est-à-dire en état d'ordre

partiel. On y trouve, comme les résultats précédents permettaient de le prévoir, des zones de diffusion à la place des taches de surstructure. Mais il en est d'autres qui entourent les taches de diffraction *normales* du réseau désordonné. Celles-ci, d'après les calculs, ne peuvent pas être produites par un arrangement particulier d'atomes aux nœuds d'un réseau cubique parfait. On doit supposer qu'en même temps que l'alliage s'ordonne, le réseau cristallin subit des déformations.

Nous poursuivons l'étude de ces différents diagrammes pour en tirer des conclusions quantitatives sur l'état réel du réseau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la déshydratation du séléniate double de nickel et de potassium.* Note (¹) de Mme **Nathalie Demassieux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Après avoir étudié la déshydratation de quelques sulfates des métaux de la série magnésienne (Cu, Ni, Co, Mg, Fe, Mn, Zn, Cd) et de potassium (²), nous avons étendu nos recherches aux séléniates correspondants.



Deshydratation à température croissante. Vitesse de croissance de la température : 30 degrés par heure.
1 ——— $SeO^4Ni, 6H^2O$. 2 ━━━ $(SeO^4)^2NiK^2, 6H^2O$.

Le séléniate de nickel $SeO^4Ni, 6H^2O$ a été préparé par la méthode indiquée par V. Hauer (³). Ce sel est stable à la température ordinaire. A 100° il perd 22,37 % d'eau d'après Marignac (⁴).

(¹) Séance du 30 avril 1945.

(²) Mme N. Demassieux et B. Tedoroff, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 457; 206, 1938, p. 1649; 208, 1939, pp. 1223 et 1581; *Ann. Chim.*, 11e série 16, 1941, p. 128.

(³) *J. prakt. Chem.*, 80, 1860, p. 217.

(⁴) *Ann. des Mines*, 5e série, 9, 1856, p. 28.

Chauffé à température régulièrement croissante, le séléniate de nickel commence à se déshydrater lentement vers 85°. Entre 100° et 145° la perte d'eau est très rapide. A partir de 145° l'eau s'élimine très lentement; vers 400° apparaît le sel anhydre, sans qu'on ait observé la formation d'un palier correspondant à un hydrate.

Le séléniate de nickel et de potassium, $(SeO^4)^2K^2Ni, 6H^2O$, a été préparé par évaporation du mélange de deux séléniates correspondants ([3]). Ce sel perd de l'eau dès 105°. Entre 120° et 155° la déshydratation est très rapide. Vers 155° un changement de direction de la courbe accuse un palier incliné et indique l'existence d'un hydrate probablement à $2H^2O$, entre 160° et 240°. Le sel est complètement déshydraté à 270° et chauffé jusqu'à 400° ne se décompose pas.

Les effets de la déshydratation du séléniate de nickel $SeO^4Ni, 6H^2O$ sont différents de ceux du sulfate correspondant : le séléniate perd ses $6H^2O$ sans qu'on décèle la formation d'un hydrate nettement défini, tandis que le sulfate se décompose en donnant des hydrates à $4H^2O$ et à $1H^2O$.

Le séléniate de nickel et de potassium, $(SeO^4)^2K^2Ni, 6H^2O$, chauffé, donne un hydrate à $2H^2O$, stable entre 160° et 240°. Le sulfate correspondant se décompose par la chaleur en perdant à la fois ses $6H^2O$, ce qui le met à part des autres sulfates de la série magnésienne. Les diagrammes Debye et Scherrer de $(SeO^4)^2K^2Ni, 6H^2O$ et de de $(SO^4)^2K^2Ni, 6H^2O$ montrent l'isomorphisme de ces deux composés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du carbure de bore en phase gazeuse*. Note de MM. **M. Formstecher** et **E. Ryskevic**, présentée par M. Louis Hackspill.

Jusqu'à présent la préparation du carbure de bore a été étudiée surtout en phase solide. On l'a obtenu principalement soit par réduction de l'anhydride borique par le carbone ou par des composés organiques, soit par réaction directe du carbone sur le bore ([1]).

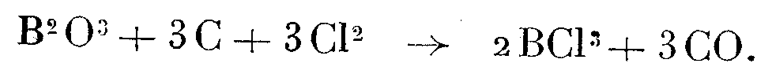
Nous nous sommes proposé d'examiner la possibilité d'obtenir du carbure de bore en opérant en phase gazeuse, par la réduction d'un halogénure de bore à l'état de vapeur en présence d'un gaz contenant du carbone.

En faisant passer sur un filament de molybdène ou de tungstène maintenu à incandescence un mélange d'hydrogène et de vapeur de trichlorure de bore, on obtient un dépôt de bore pur sur le filament ([2]). Nous avons remplacé le chlorure de bore par le mélange gazeux chlorure de bore-oxyde de carbone, qui résulte de la chloruration d'un mélange d'anhydride

---

([1]) Moissan, *Comptes rendus*, 118, 1899, p. 556.
([2]) Warth, *Chem. Abstr.*, 17, 1923, p. 3116.

borique et de noir de fumée en excès, vers 600°C., selon l'équation



$$B^2O^3 + 3C + 3Cl^2 \rightarrow 2BCl^3 + 3CO.$$

L'excès de carbone sert à faciliter la chloruration à basse température et à prévenir la formation de phosgène. Si l'on opère lentement, les gaz résultant de la réaction ne contiennent que des traces de chlore libre, que l'on élimine par passage sur une couche de cuivre finement divisé.

Au contact de ce mélange gazeux avec le filament incandescent, en présence d'un excès d'hydrogène, il se produit :

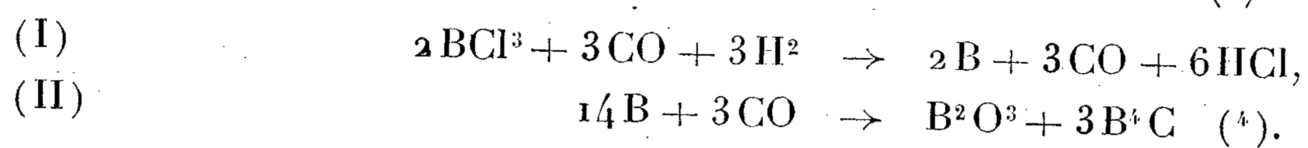
a. de l'acide chlorhydrique dans les gaz résiduels;

b. un dépôt blanc sur la paroi du tube de quartz servant de chambre de réaction, dépôt identifié comme étant de l'acide borique par la coloration verte qu'il donne à la flamme d'un mélange d'alcool méthylique et d'acide sulfurique, et par la réaction du papier au curcuma en milieu chlorhydrique;

c. un dépôt noir, très dur, rayant le carborundum, cristallisé, ayant la densité $2,54 \pm 0,01$, sur le filament de molybdène. L'analyse chimique a donné 81,05 % de bore et 18,55 % de carbone. Il s'agit donc de carbure de bore.

La détermination de la teneur en bore a été faite par dosage volumétrique, après attaque au creuset de platine par un mélange de 95 % de carbonates de soude et de potasse en quantités équivalentes et 5 % de peroxyde de sodium. Pour la détermination du carbone, nous avons mélangé le carbure de bore avec six fois son poids d'un mélange de proportions égales d'oxyde de plomb et de plomb métallique, et nous avons opéré comme pour l'analyse élémentaire des composés organiques, par combustion dans un courant d'oxygène vers 1200°C. et absorption du gaz carbonique dans des appareils à lessive de potasse.

Pour expliquer la formation de carbure de bore, on peut admettre que deux réactions ont lieu simultanément : il y a réduction du trichlorure de bore par l'hydrogène, avec formation d'acide chlorhydrique et de bore libre, mais, à la température élevée du filament, le bore agit immédiatement comme réducteur vis-à-vis de l'oxyde de carbone [3] :



$$\text{(I)} \quad 2BCl^3 + 3CO + 3H^2 \rightarrow 2B + 3CO + 6HCl,$$

$$\text{(II)} \quad 14B + 3CO \rightarrow B^2O^3 + 3B^4C \ (^4).$$

On voit qu'il suffit théoriquement de peu d'oxyde de carbone pour oxyder tout le bore.

---

(3) MOISSAN, *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 620.

(4) Formule du carbure de bore d'après Ridgway (*Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **66**, 1934, p. 117).

En résumé nous avons obtenu du carbure de bore en phase gazeuse, par réduction par l'hydrogène d'un mélange de vapeur de chlorure de bore et d'oxyde de carbone.

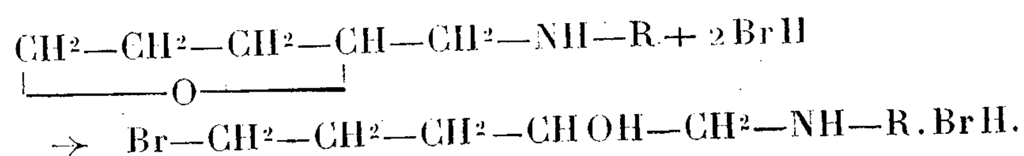
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation des hydroxy-3-pipéridines substituées à l'azote.* Note (1) de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous (2) a montré qu'en traitant par un hydroxyde alcalin le produit d'addition d'une molécule d'époxy-1.2 chloro-5 pentane à une molécule de monoéthylamine ou d'aniline, on obtenait avec un bon rendement l'éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine ou la phényl-1 hydroxy-3 pipéridine. Sans aucun doute, ces composés proviennent de la cyclisation des aminoalcools halogénés

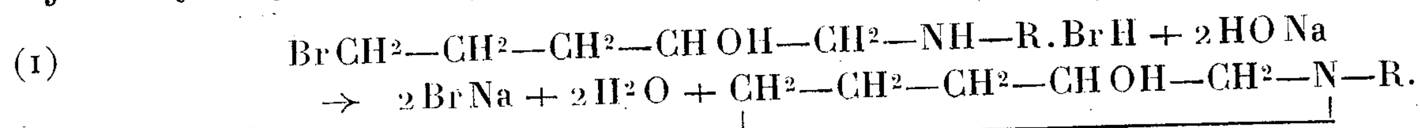


formés dans un premier temps.

Nous avons constaté qu'on parvenait au même résultat, et d'une façon beaucoup plus avantageuse, en faisant agir exactement deux molécules d'acide bromhydrique sur une molécule de monoalcoyl- ou de monoaryl-tétrahydrofurfurylamine, de façon à ouvrir l'hétérocycle



En soumettant le produit de la réaction à l'action de la chaleur, puis à celle d'un agent alcalin, on obtient sans difficulté l'alcoyl- ou l'aryl-1 hydroxy-3 pipéridine correspondante :

(1)


Les tétrahydrofurfurylamines qui nous ont servi de matières premières ont déjà été signalées dans la littérature (3); mais nous n'avons trouvé aucune indication relative à leur mode de préparation, et leurs constantes physiques ne nous paraissent pas avoir été déterminées jusqu'ici.

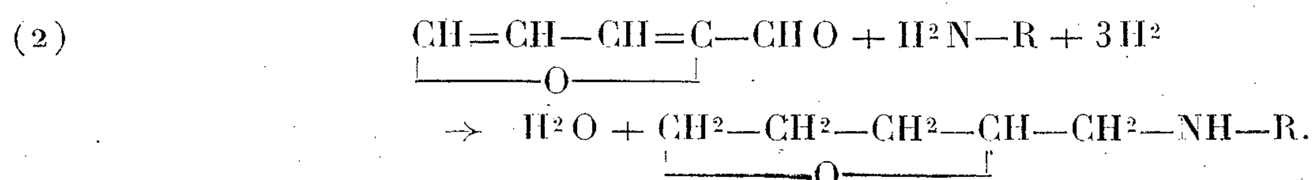
Nous les avons obtenues soit par chauffage durant une dizaine d'heures à 110° d'un mélange de chlorure de tétrahydrofurfuryle avec un fort excès d'amine primaire, soit beaucoup plus simplement en hydrogénant sous 100^{atm}, et vers 100°, en présence de nickel Raney, un mélange équi-

(1) Séance du 29 octobre 1945.

(2) R. Paul, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 412.

(3) Wingfoot Coysoration, *U.S.P.*, **2070524** et **2173711**.

moléculaire de furfural et d'amine primaire en solution alcoolique :



$$(2)\quad \underbrace{CH=CH-CH=C-CHO}_{O} + H^2N-R + 3H^2 \rightarrow H^2O + \underbrace{CH^2-CH^2-CH^2-CH}_{O}-CH^2-NH-R.$$

Dans le tableau ci-dessous, nous avons rassemblé quelques données relatives aux tétrahydrofurfurylamines (II) ainsi préparées :

R.	É.	D_4.	N_D.	Picrate.
CH^3.............	155-156°	$0,928_{21°,5}$	$1,4436_{21°,5}$	F 129°
	$40°_{9mm}$			
C^2H^5............	170-171°	$0,913_{21°}$	$1,4430_{21°}$	98°
	$62°_{12mm}$			
C^3H^7............	$69°_{10mm}$	—	—	—
C^6H^5............	$154°_{9mm}$	$1,071_{21°}$	$1,5617_{21°}$	117°
$C^6H^5-CH^2$.......	$151°_{11mm}$	$1,024_{21°}$	$1,5240_{21°}$	135°
3-Pyridyl.........	$160-161°_{6mm}$	$1,172_{23°}$	$1,5950_{23°}$	161°

La conversion de ces tétrahydrofurfurylamines en hydroxy-3 pipéridines isomères est très simple. A la solution d'une molécule de tétrahydrofurfurylamine dans 80^{cm^3} d'acide acétique, on fait absorber deux molécules d'acide bromhydrique, et l'on chauffe le mélange obtenu durant 3 heures à 100°. On étend alors d'un peu d'eau et l'on neutralise avec précaution avec de l'ammoniaque.

Dans le cas de la méthyl- et de l'éthyltétrahydrofurfurylamine, il ne se sépare aucune couche insoluble, et l'on retrouve dans la solution les deux molécules d'hydracide mises en œuvre : la cyclisation s'est donc faite instantanément, et il suffit de saturer le liquide avec de la potasse solide pour en séparer la méthyl- ou l'éthyl-1 hydroxy-3 pipéridine, que l'on décante, sèche sur de la potasse fondue, et rectifie.

Dans le cas de la propyl-, de la phényl- et de la benzyl-tétrahydrofurfurylamine, il se précipite au contraire une huile insoluble, dense, que nous considérons comme l'aminoalcool bromé. On ne retrouve en effet dans le liquide surnageant que la moitié de l'hydracide introduit. L'huile insoluble, décantée, s'échauffe spontanément, et se transforme rapidement dans le cas des dérivés propylé et benzylé, lentement dans celui du dérivé phénylé, en bromhydrate d'hydroxypipéridine, entièrement soluble dans l'eau, et dont on libère la base par addition de potasse comme précédemment.

Il est nécessaire de maintenir les bases ainsi obtenues pendant quelque temps au contact d'une solution concentrée et chaude de potasse, pour saponifier les petites quantités d'ester acétique qui auraient pu se former.

Les alcoyl- ou aryl-1 hydroxy-3 pipéridines (I) dont les constantes sont rassemblées dans le tableau ci-après, se présentent sous forme de liquides

incolores, peu mobiles, très solubles dans l'eau (du moins pour les premiers termes), en donnant des solutions fortement alcalines.

R.	É.	D_4.	N_D.	Chlorure de l'ester benzoïque.	Picrate.
Méthyl..........	$79^{\circ}_{15^{mm}}$	$0,9635_{16^{\circ}}$	$1,4695_{16^{\circ}}$	F 194°	–
Éthyl............	$93^{\circ}_{15^{mm}}$	$0,9580_{14^{\circ}}$	$1,4769_{14^{\circ}}$	204°	–
Propyl..........	$77^{\circ}_{15^{mm}}$	$0,971_{15^{\circ}}$	$1,4589_{15^{\circ}}$	176°	–
Phényl..........	$145\text{-}146^{\circ}_{2^{mm},3}$	$1,092_{21^{\circ}}$	$1,5756_{21^{\circ}}$	huileux	F 141°
Benzyl..........	$155\text{-}156^{\circ}_{12^{mm}}$	$1,056_{16^{\circ}}$	$1,5402_{16^{\circ}}$	»	–

Les constantes de l'éthyl et de la phényl-1 hydroxy-3 pipéridine ainsi préparées, sont identiques à celles des mêmes produits que l'un de nous avait déjà obtenus à partir de l'époxy-1.2 chloro-5 pentane.

Tous nos essais en vue d'obtenir par ce même procédé l'hydroxy-3 pipéridine à partir de la tétrahydrofurfurylamine (ou de son dérivé acétylé, $É_{12^{mm}}$ 145°) ont été sans succès jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Arsénicaux et antimoniés furyliques-α. Procédés de fixation de l'arsenic et de l'antimoine au carbone.* Note [1] de M. **André Étienne**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parmi les méthodes de préparation des arsénicaux aromatiques, on doit en retenir principalement trois : la méthode de Bart, qui utilise les sels de diazo d'amines aromatiques, la double décomposition des mercuriens avec le chlorure d'arsenic et la réaction des dérivés halogénés avec le chlorure d'arsenic en présence de sodium.

En série furanique, l'impossibilité obtenir des sels de diazonium à partir des rares aminofurans décrits élimine la possibilité d'arriver aux arsénicaux par la méthode de Bart. Par contre l'emploi des mercuriens du furan s'est révélé digne d'intérêt, car il a permis de préparer des arsines tertiaires et des chlorures d'arsines primaire et secondaire [2][3]. C'est par ce procédé que W. C. Lowe et C. S. Hamilton [2], en faisant réagir le chloromercuri-αfuran et le chlorure d'arsenic, ont obtenu la trifuryl-αarsine, la difuryl-αchlorarsine et la furyl-αdichlorarsine de formules respectives R^3As, $R^2As\,Cl$, $R\,As\,Cl^2$, où R représente le radical uryle-α —C^4H^3O (α).

D'après ces auteurs la principale difficulté de cette préparation consistait surtout dans la séparation des corps obtenus, peu stables à la chaleur et décomposables par le chlorure d'arsenic. Plusieurs rectifications sous un grand vide (0,1 à 1^{mm}) dans un appareil à colonne réchauffée avaient

---

(1) Séance du 1er octobre 1945.

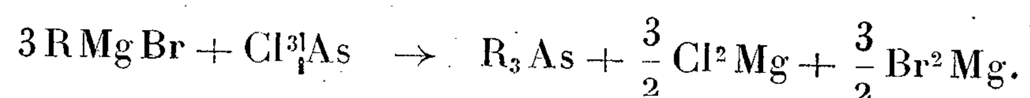
(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1081; *ibid.*, p. 2314.

(3) W. W. Beck et C. S. Hamilton, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 620.

été jugées nécessaires pour obtenir une certaine quantité des trois arsines. J'ai constaté qu'effectivement la distillation sous un grand vide présentait des avantages incontestables. Il est possible toutefois d'opérer sans inconvénients avec un vide moins poussé (trompe à eau), à condition de conduire l'opération très rapidement. En effet, si l'on distille lentement on va à l'encontre du but cherché, car le chauffage prolongé de la furyl-αdichlorarsine et de la difuryl-αchlorarsine provoque leur déchloration, respectivement en difuryl-αchlorarsine et en trifuryl-αarsine avec mise en liberté de chlorure d'arsenic. Inversement le chauffage des arsines avec le chlorure d'arsenic produit, non pas une décomposition comme le croyaient les auteurs précédents, mais une réaction très régulière consistant en une rétrogradation avec passage aux chlorures d'arsines secondaire et primaire. Cette dernière opération, effectuée sur la trifuryl-αarsine, peut ainsi permettre d'obtenir facilement les chlorarsines primaires et secondaires comme dans le cas des arsines aromatiques et aliphatiques.

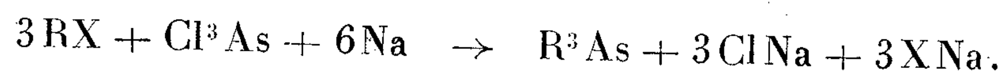
Ayant obtenu la trifuryl-αarsine (I) à partir de dérivés halogénés du furan, récemment accessibles, on peut envisager de la façon suivante une méthode nouvelle de synthèse des arsénicaux furyliques-α.

Le bromure de furyl-αmagnésium, que j'ai préparé à partir du magnésium activé, soit par l'iode suivant la technique de H. Gilman et R. H. Kirby ([4]), soit par l'iodure de méthyle, donne avec le trichlorure d'arsenic uniquement la trifuryl-αarsine, F (tube) 31-32° [F Litt. 35° ([1])], $\acute{E}_{12}$ 158-159° :



$$3\,RMgBr + Cl^3As \rightarrow R_3As + \frac{3}{2}Cl^2Mg + \frac{3}{2}Br^2Mg.$$

Il en est de même de la condensation du furan chloré ou bromé en α avec le chlorure d'arsenic en présence de sodium :



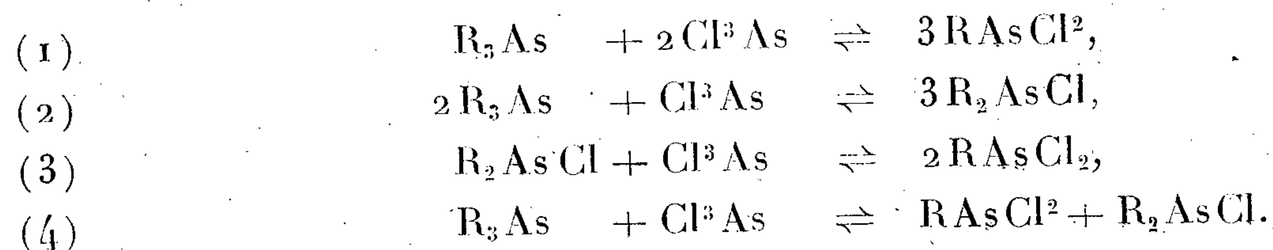
$$3\,RX + Cl^3As + 6\,Na \rightarrow R^3As + 3\,ClNa + 3\,XNa.$$

La rétrogradation de la trifuryl-αarsine en un mélange de difuryl-αchlorarsine et de furyl-αdichlorarsine se fait par chauffage vers 160° avec un excès de chlorure d'arsenic. Après quatre rectifications rapides dans le vide, on arrive à séparer avec de bons rendements la furyl-αdichlorarsine (III), $\acute{E}_{18}$ 102-103°, n_D^{20} 1,6134, d_4^{20} 1,817 (litt. (1) $\acute{E}_1$ environ 80°, d_4^{25} 1,930) et la difuryl-αchlorarsine (II), $\acute{E}_{18}$ 152-154°, n_D^{20} 1,6153, d_4^{20} 1,598 (litt. (1) É environ 120°, d_4^{25} 1,717).

La rétrogradation avec Cl^3As et la réaction inverse par chauffage sans Cl^3As peuvent se représenter par les réactions d'équilibre (1) (2) (3) (4) [(4) étant la somme de (1) et (2) et de (2) et (3)] pour lesquelles la loi

([4]) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 54, 1935, p. 577.

du déplacement d'équilibre semble valable :



(1) $R_3As + 2Cl^3As \rightleftharpoons 3RAsCl^2$,

(2) $2R_3As + Cl^3As \rightleftharpoons 3R_2AsCl$,

(3) $R_2AsCl + Cl^3As \rightleftharpoons 2RAsCl_2$,

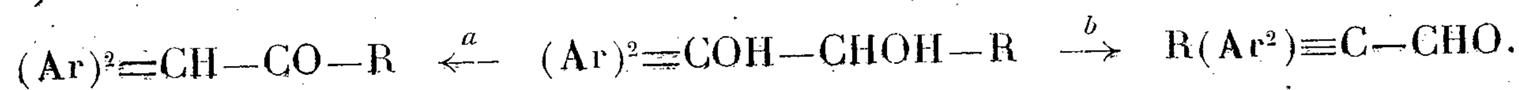
(4) $R_3As + Cl^3As \rightleftharpoons RAsCl^2 + R_2AsCl$.

La rétrogradation en chlorarsines se produit également avec la tris-[chloro(α')furyl-α]arsine, $[Cl(\alpha')C^4H^2O\alpha]^3As$, (IV) F 70° (F litt. 63°) obtenue suivant les indications de Lowe et Hamilton [2] à partir du mercurien du chlorofuran. Par contre la tris[bromo(α')furyl-α]arsine, $[Br(\alpha')C^4H^2O\alpha]^3As$, (V), F 105° (F litt. 106°), obtenue comme la précédente par le mercurien, ne donne lieu par chauffage avec le chlorure d'arsenic qu'à la production de résines.

Il semble à priori que les mêmes méthodes pourraient être applicables à la préparation des stibines en remplaçant le trichlorure d'arsenic par le trichlorure d'antimoine. La réaction du chloromercuri-αfuran et du trichlorure d'antimoine ne donne lieu qu'à une résinification complète. Seule la réaction au sodium m'a permis d'obtenir, comme dans le cas de l'arsenic, le produit tertiaire, la trifuryl-αstibine, R_3Sb, (VI), encore inconnue, $É_{17}$ 181-182°, F 46-47°, donnant un dichlorure R_3SbCl^2 (VII), F 172, par chloruration directe. La rétrogradation de la stibine tertiaire ne donne pas de résultats. Ces faits, ainsi que d'autres, tels que la grande facilité de scission de la trifurylstibine en furan, par l'acide chlorhydrique ou la soude, indiquent une fragilité de la liaison carbone métalloïde bien plus grande dans le cas de C-Sb que dans le cas de C-As.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation des glycols* $(C^6H^5)^2COH—CHOH—R$ *pour les radicaux* R *variant de* C^7 *à* C^{10}. Note de Mme **Irène Elphimoff-Scherbakoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

La déshydratation des glycols diarylés tels que $(Ar)^2COH—CHOH—R$ peut conduire à une cétone sans changement de structure (schéma *a*, avec migration de H) ou à un aldéhyde avec transposition [1] (schéma *b*, migration de R) :



$$(Ar)^2{=}CH—CO—R \xleftarrow{a} (Ar)^2{=}COH—CHOH—R \xrightarrow{b} R(Ar^2){\equiv}C—CHO.$$

On sait, grâce aux travaux de M. Tiffeneau et de ses collaborateurs [1], que cette

---

[1] Les nombreux travaux antérieurs ont montré que c'est toujours du côté des deux aryles qu'a lieu l'élimination de l'hydroxyle, grâce à leur capacité affinitaire supérieure à celle du radical aliphatique (M. Tiffeneau et Orekhoff, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 400; J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 67; J. Lévy et Lagrave, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1032); Lagrave, *Ann. Chim.*, **8**, 1927, pp. 361, 388, 392.

double éventualité peut dépendre, non seulement des conditions expérimentales et du réactif employé, mais aussi de la nature du radical R.

Dans tous les cas déjà étudiés, les auteurs ont toujours constaté la formation sinon exclusive, du moins prédominante, de cétone sans transposition (schéma *a*) ([2]). Il est vrai que la déshydratation a été étudiée par les auteurs uniquement dans le cas des glycols diarylés, dans lesquels la valeur de R n'a pas dépassé C^6, et encore pour ce dernier glycol n'a-t-on recouru qu'à un seul réactif, SO^4H^2 concentré à froid ([3]).

Il nous a semblé utile de reprendre cette étude en recourant d'une part aux glycols dont les radicaux aliphatiques R varient de C^7 à C^{10}, et en modifiant, d'autre part les conditions réactionnelles, dans l'espoir de constater une migration prédominante ou même exclusive du radical R conduisant à un aldéhyde.

Cet espoir était d'autant plus fondé que G. Darzens et A. Lévy ([4]) ont pu montrer que, dans l'hydrolyse des éthers méthyliques des glycols de formule générale $(CH^3)^2{=}COH{-}CH(OCH^3){-}R$ par l'acide formique bouillant, il y a migration exclusive du radical R lorsque celui-ci est un décyle $C^{10}H^{21}$ et au-dessus, alors que, pour $R = C^8H^{17}$, il y a migration simultanée de R et de H et que, pour $R = C^5H^{11}$, c'est la migration de H qui l'emporte exclusivement, donc la formation de l'aldéhyde trialcoylacétique.

Il se trouve que l'expérience n'a pas confirmé nos prévisions. En effet la déshydratation de tous les glycols que nous avons étudiés, effectuée soit par l'acide sulfurique dilué ou l'acide formique à chaud, soit par SO^4H^2 concentré à froid, conduit exclusivement aux cétones (schéma *a*) ([5]).

I. *Préparation des glycols* $(C^6H^5)^2COH{-}CHOH{-}R$. — Ces glycols sont préparés à partir des aldéhydes $R{-}CHO$, qui, par l'intermédiaire de leurs composés bisulfitiques, sont transformés en cyanhydrines $R{-}CHOH{-}CN$, lesquelles, traitées par HCl gazeux en présence d'alcool absolu, donnent les hydroxy-esters $R{-}CHOH{-}COOC^2H^5$. Ces derniers, traités par quatre molécules de bromure de phénylmagnésium, conduisent aux glycols $R{-}CHOH{-}COH{=}(C^6H^5)^2$:

$R = C^8H^{17}$	glycol	F 82°-83°	à hydroxy-ester	F 30°,5,
$R = C^7H^{15}$	»	F 78°	»	$É_{20}$ 143°,
$R = C^{10}H^{21}$	»	F 85°.		

II. *Déshydratation des glycols en cétones* $R{-}CO{-}CH{=}(C^6H^5)^2$. — *a*. Acide sulfurique à froid. Le glycol est maintenu en contact avec SO^4H^2 concentré à 0° pendant 1 heure en agitant constamment.

([2]) TIFFENEAU et DORLENCOURT, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 126; STOERMER, *Ber. d. deuts. Ges.*, **39**, 1906, p. 2288; TIFFENEAU et OREKHOFF, *Bull. Soc. Chim.*, **33**, 1923, p. 195.

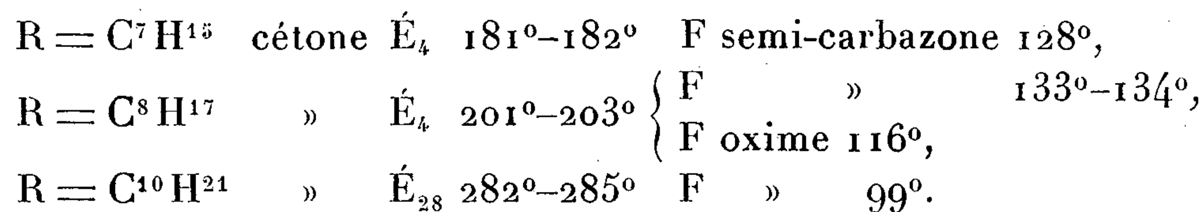
([3]) P. NICOLLE, *Bull. Soc. Chim.*, **39**, 1926, p. 62.

([4]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 184.

([5]) Nos résultats sont peut-être dus à la grande électronégativité des deux phényles, qui empêcherait le radical R de venir se fixer sur le carbone qui les porte. C'est pourquoi nous nous proposons de poursuivre cette étude en examinant la déshydratation des glycols de formule générale $(CH^3)^2{=}COH{-}CHOH{-}R$, afin de nous rapprocher des conditions analogues à celles de Darzens.

b. Acide sulfurique dilué à chaud. On chauffe à reflux le glycol en présence d'un excès d'acide à 20 % pendant 24 heures.

c. Acide formique. On chauffe à reflux pendant 4 heures le glycol en présence d'acide formique anhydre préparé à partir de l'acide du commerce :



$R = C^7H^{15}$	cétone	$É_4$ 181°-182°	F semi-carbazone 128°,
$R = C^8H^{17}$	»	$É_4$ 201°-203°	F » 133°-134°, F oxime 116°,
$R = C^{10}H^{21}$	»	$É_{28}$ 282°-285°	F » 99°.

Cette dernière cétone a été également obtenue par isomérisation de l'époxyde correspondant.

La structure de ces cétones a été démontrée par coupure au moyen d'un mélange acétochromique à chaud qui a fourni dans tous les cas la benzophénone.

Ainsi la déshydratation des glycols $(C^6H^5)^2{=}COH{-}CHOH{-}R$ pour $R \geq C^7$ en milieu acide, conduit aux cétones non transposées $(C^6H^5)^2CH{-}CO{-}R$. Dans les cas étudiés par nous les radicaux lourds ne présentent pas d'aptitude migratrice comparable à celle des radicaux aromatiques.

MINÉRALOGIE. — *Sur la transformation expérimentale d'une antigorite β en antigorite α.* Note [1] de Mlle **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**.

L'un de nous a signalé que les minéraux des serpentines, d'après leur comportement thermique, se divisent en deux groupes, les antigorites β et les antigorites α ([2]). Mais jusqu'ici il n'a pas été possible de mettre en évidence, entre ces deux variétés, des différences notables de composition chimique ou de structure. La courbe thermique du type β présente un crochet, correspondant au départ de l'eau hygroscopique et une inflexion endothermique vers 650°; tandis que le type α montre, en dehors de ces deux inflexions, un phénomène exothermique important vers 750°.

Il nous a paru intéressant d'essayer de provoquer artificiellement le passage de la forme β à la forme α ce qui revient à faire apparaître une inflexion exothermique dans la courbe du premier type. Or nos recherches antérieures nous ont permis de constater l'énorme développement que peut prendre le crochet exothermique de la kaolinite ([3]) lors de la fixation, par cette argile, de certains ions métalliques. C'est donc à ces phénomènes d'adsorption que nous avons fait appel pour modifier la courbe des antigorites β.

Ces essais ont été faits sur une bowénite de Khotan (Turkestan chinois) ([4]) broyée finement, mais non tamisée. Dans une première série de traitements, le minéral a été mis, à trois reprises, en contact pendant 48 heures avec des

---

([1]) Séance du 19 mars 1945.

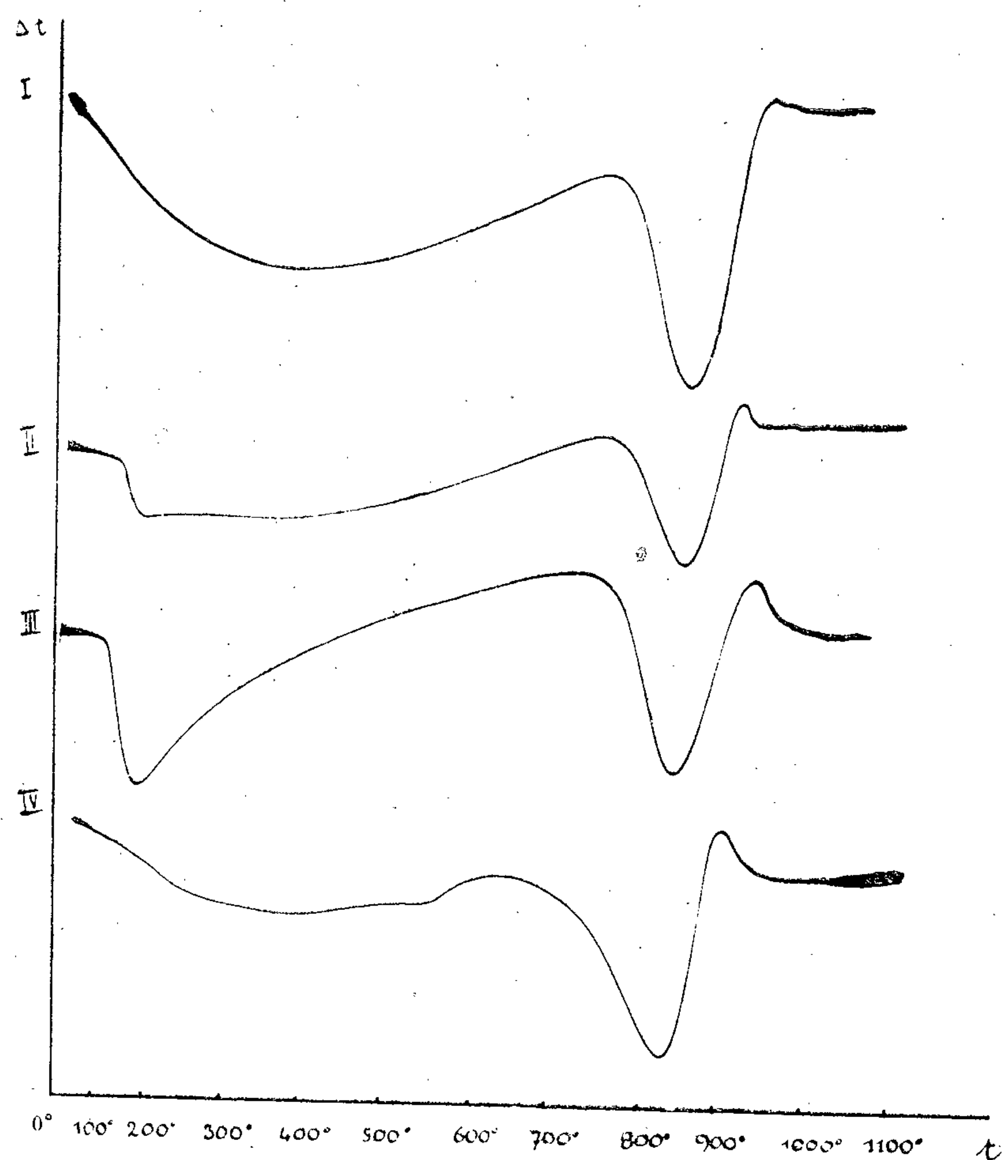
([2]) S. Caillère, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 628.

([3]) Caillère et S. Hénin, *ibid.*, **209**, 1939, p. 684.

([4]) S. Caillère, *Bull. Soc. fr. Minér.*, **59**, 1936, pp. 163-326

solutions normales de l'un des cations Na, Mg, Ca, à la température ordinaire; aucun résultat positif n'a été enregistré.

Dans le but d'accroître la quantité de métaux fixés, nous avons alors traité les échantillons par des solutions acides, soit à froid soit à chaud. Les produits



ainsi obtenus ont été introduits dans une solution contenant le cation à fixer. La suspension a été ensuite portée à l'ébullition pendant 20 minutes et ce traitement a été répété quatre fois en renouvelant la solution après chaque opération.

Nous avons ainsi préparé des bowénites Ca (I), Mg (II) et Al (III), qui toutes ont donné des courbes d'antigorite α. Il faut noter que le seul traitement acide ne fait pas apparaître l'inflexion exothermique.

En outre, dans le but de préciser l'influence de la dimension des grains, nous avons tamisé certaines fractions de façon à obtenir des particules ayant au maximum 50$^{\mu}$ de diamètre. Nous avons constaté que ces fractions, traitées comme précédemment étaient plus fortement altérées et que leurs courbes ne manifestaient pas le phénomène exothermique.

Ces résultats prouvent que la présence de certains cations et l'existence d'une texture déterminée sont nécessaires à l'apparition du crochet exothermique.

D'autre part, dès que les deux formes d'antigorites furent définies il y a 10 ans, l'un de nous a commencé un essai de longue durée en laissant digérer la serpentine d'Ambindavato, Madagascar ([3]), grossièrement broyée, dans l'eau distillée à la température ordinaire. Cet échantillon, soumis tout récemment à

l'étude thermique, a mis en évidence un crochet exothermique bien marqué (IV). Cette expérience montre que l'on peut obtenir, par une action prolongée, avec des agents peu énergiques, dans des conditions voisines de celles de la nature, des résultats identiques à ceux que l'on provoque en quelques jours avec des moyens chimiques plus puissants.

Ces résultats font ressortir la sensibilité du phénomène exothermique et expliquent la possibilité de trouver, dans un même gisement, les deux types d'antigorites, comme l'un de nous l'a signalé.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Tuméfaction des racines et mito-inhibition sous l'influence du camphre.* Note de M. **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

On sait qu'un grand nombre de substances mitoclasiques, et notamment la colchicine, ont la propriété de provoquer la tuméfaction subterminale des racines traitées; la formation de ces tumeurs, bien étudiée par différents auteurs (Mangenot, Gavaudan etc.) résulte d'une hypertrophie des cellules de la zone d'allongement sus-méristématique, sans augmentation de leur nombre. Bien que les anomalies des noyaux au repos abondent souvent dans les cellules hypertrophiées de la zone tuméfiée, le fait que les cinèses sont localisées dans une zone différente (zone méristématique) a conduit certains auteurs à se demander si cette tuméfaction n'était pas indépendante de l'action sur la division cellulaire, contrairement à l'opinion admise généralement.

Récemment A. Levan [1] a soumis à l'action de la colchicine des racines d'*Allium fistulosum* L., traitées préalablement par les rayons X de manière à inhiber les mitoses; ces racines ont présenté des tumeurs des plus nettes et l'auteur en a conclu que la tuméfaction provoquée par la colchicine était un effet parallèle à l'action mitoclasique et indépendant de celle-ci.

L'étude de l'action exercée par le camphre sur les racines d'*Allium Cepa* L. nous a permis d'observer, par l'emploi de concentrations variables, une nette dissociation de l'action mitoclasique et de l'action tuméfiante de cette substance. Nous avons indiqué antérieurement [2] que le camphre exerce une triple action : mitodépressive, mitoclasique et tuméfiante; l'étude de concentrations correspondant à 0,030 %, 0,020, 0,015 et 0,012 nous a permis d'observer les faits suivants :

1° *Concentration de* 0,030 %. — L'allongement des racines cesse presque immédiatement; après 4 heures de traitement, on constate que le nombre des cellules en cinèse est très réduit (100 à 200 dans un méristème, ce qui

(1) *Hereditas*, **28**, 1942, p. 244.

(2) M. Masré et G. Deysson, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **92**, 1945 (séance de juin).

correspond à une proportion de cinèses inférieure à 25 °/₀₀ alors qu'on en trouve 55 à 60 °/₀₀ chez les témoins correspondants); parmi les métaphases et anaphases on observe quelques tropocinèses et quelques stathmocinèses; parmi les cellules au repos, on peut compter de 50 à 80 cellules binucléées. Un examen, pratiqué après 24 heures de traitement, montre que les cinèses ont pratiquement disparu; le nombre des cellules binucléées a augmenté; on remarque également quelques cellules à trois et même quatre noyaux. Puis, très rapidement, les extrémités radiculaires deviennent translucides et les cellules meurent. Le camphre, à cette concentration, exerce donc une action mitoclasique nette sans provoquer la formation de tumeurs.

2° *Concentration de* 0,020 %. — L'action est assez comparable : aucune tuméfaction, disparition rapide des cinèses, mais ici les anomalies de la division sont plus rares; on ne trouve qu'une vingtaine de cellules binucléées par méristème au bout de 24 heures.

3° *Concentration de* 0,015 %. — Ici l'allongement des racines se poursuit, bien que très ralenti dès le début, et l'on observe une tuméfaction nette au cours de la première journée, puis, la croissance n'ayant pas complètement cessé le lendemain, on obtient des intumescences allongées. Au point de vue cytologique, au bout de 4 heures on constate que le pourcentage des cellules en cinèse a déjà diminué (25 à 40 °/₀₀ contre 55 à 62 chez les témoins), mais que les anomalies de la division sont très rares et se bornent pratiquement à un certain nombre de tropocinèses (36 et 42 % des métaphases et anaphases, contre 12 et 20 % chez les témoins correspondants). Un examen pratiqué après 48 heures de traitement ne montre pas d'autre anomalie; on ne rencontre en particulier aucune cellule binucléée. L'action mitoclasique s'est donc montrée ici presque négligeable alors qu'on a observé simultanément une action tuméfiante nette.

4° *Concentration de* 0,012 %. — L'action est tout à fait comparable à la précédente : tuméfaction visible au bout de 24 heures, cinèses normales (la proportion des métaphases et anaphases à axe oblique est inférieure à 20 %, valeur parfois obtenue chez les témoins).

Ces expériences montrent que le camphre exerce une action mitoclasique pour une concentration optimum de 0,020 à 0,030 %, sans provoquer d'anomalies dans l'accroissement des cellules; au contraire, pour une concentration plus faible (de 0,015 à 0,012 %), il provoque la formation d'intumescences subterminales morphologiquement semblables (bien que moins volumineuses) à celles qu'on peut obtenir avec la colchicine, mais alors l'action mitoclasique a pratiquement disparu.

Par conséquent, dans le cas du camphre, l'action tuméfiante exercée sur les racines et l'action mitoclasique correspondant à des doses différentes de principe actif, on ne saurait considérer la tuméfaction comme

une résultante de l'action mitoclasique; les deux phénomènes apparaissent au contraire comme tout à fait indépendants. On peut penser qu'il en est de même dans le cas des autres substances mitoclasiques; la seule différence avec le camphre résiderait dans le fait que les concentrations optima pour les deux actions sont alors beaucoup plus voisines l'une de l'autre. Nos conclusions rejoignent donc celles de Levan, mais nos résultats nous semblent plus probants, car nous avons pu les déduire de la seule variation de la concentration en substance active, sans faire intervenir de facteur étranger.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mise en évidence de l'action différenciatrice des bourgeons d'Endive par la méthode des greffes.* Note (1) de M. **Guy Camus**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons signalé précédemment l'action organisatrice exercée par les bourgeons d'Endive sur les tissus sous-jacents (2) et nous avons conclu que cette action est polarisée et se traduit par une dédifférenciation des éléments parenchymateux suivie d'une redifférenciation de formations conductrices.

Nous avons pensé que nos résultats seraient plus démonstratifs si nous parvenions à faire agir des bourgeons sur des tissus différents de ceux leur ayant donné naissance. Pour cela nous avons greffé des bourgeons sur des fragments de tissus en utilisant la technique mise au point précédemment (3), puis recherché si l'induction traverse la soudure. Nous avons obtenu la croissance des bourgeons greffés, que l'opération ait été pratiquée sur la face foliaire des sujets (extrémité tournée vers le collet lorsque le prisme faisait encore partie intégrante de la racine) ou sur la face opposée (radicale).

Afin d'apprécier si l'influence des bourgeons greffés traverse la soudure et s'exerce sur les tissus du porte-greffe, nous avons pratiqué périodiquement des coupes dans les prismes traités.

Pour les greffons placés sur la face foliaire des sujets, nous avons obtenu les résultats suivants : en face des lignifications induites par le bourgeon dans le greffon, et partant de celles-ci, nous avons vu se produire, dans les cellules de cal assurant la soudure, des modifications morphologiques progressives caractérisées par une dédifférenciation suivie d'une redifférenciation progressive de formations conductrices (*fig.* 1). Après avoir traversé la soudure, ces manifestations de l'action inductrice du bourgeon se poursuivaient en profondeur dans le tissu libérien du sujet en s'orientant

(1) Séance du 22 octobre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 34-36.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 184.

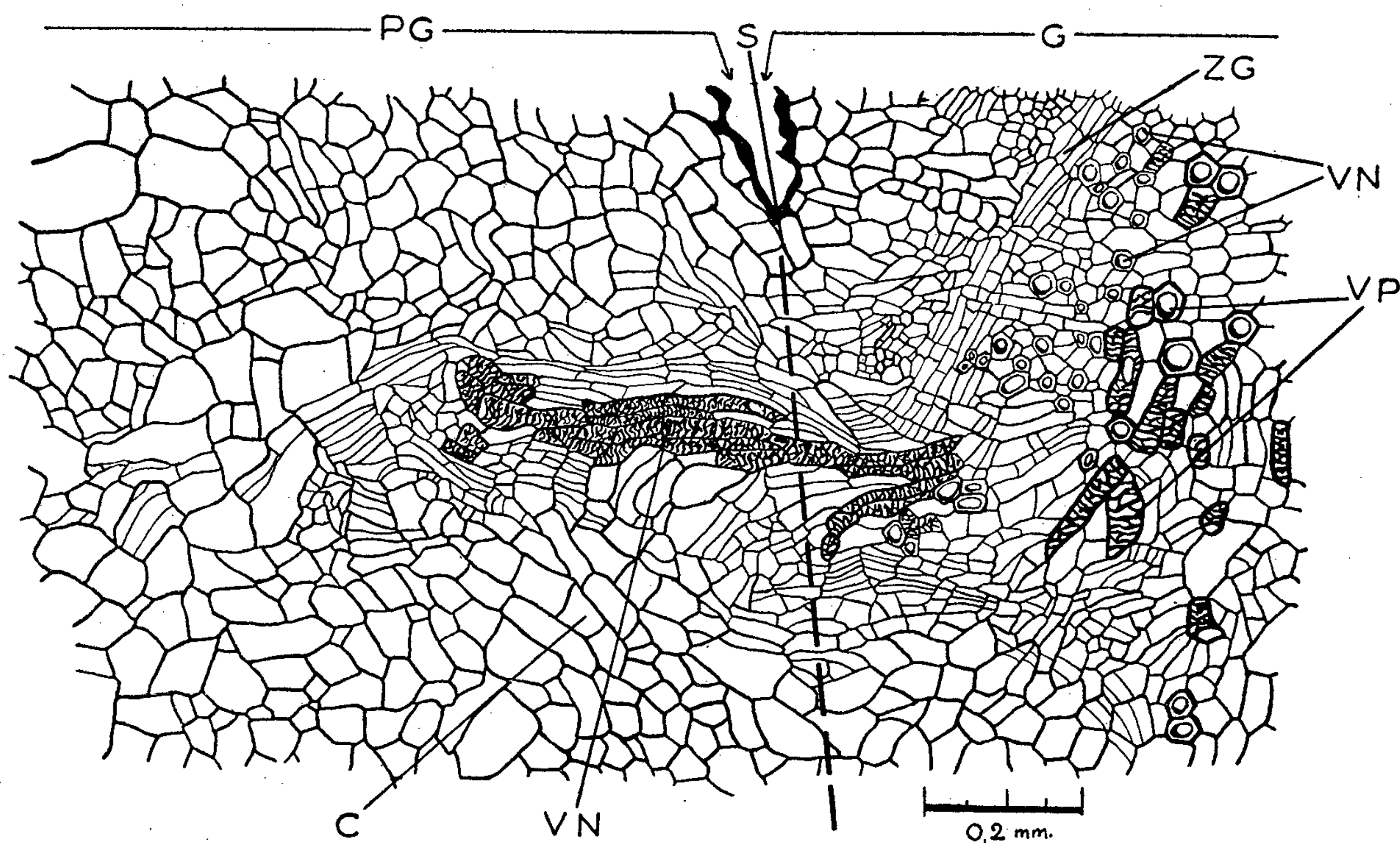


Fig. 1. — Fragment de coupe transversale pratiquée dans un prisme d'Endive greffé, après 9 jours de culture. PG, porte-greffe; G, greffon; S, soudure.

On constate qu'il s'est différencié des éléments conducteurs à travers les cellules de cal assurant la soudure. Le pointillé indique la limite du greffon et du support. On distingue dans le greffon les vaisseaux préexistants (VP), la zone génératrice (ZG), qui a produit des vaisseaux de petit calibre (VN), sous l'influence du bourgeon. La structure de tissu de cal (C) est profondément modifiée par la différenciation d'éléments conducteurs en continuité avec ceux induits par le bourgeon à l'intérieur du greffon.

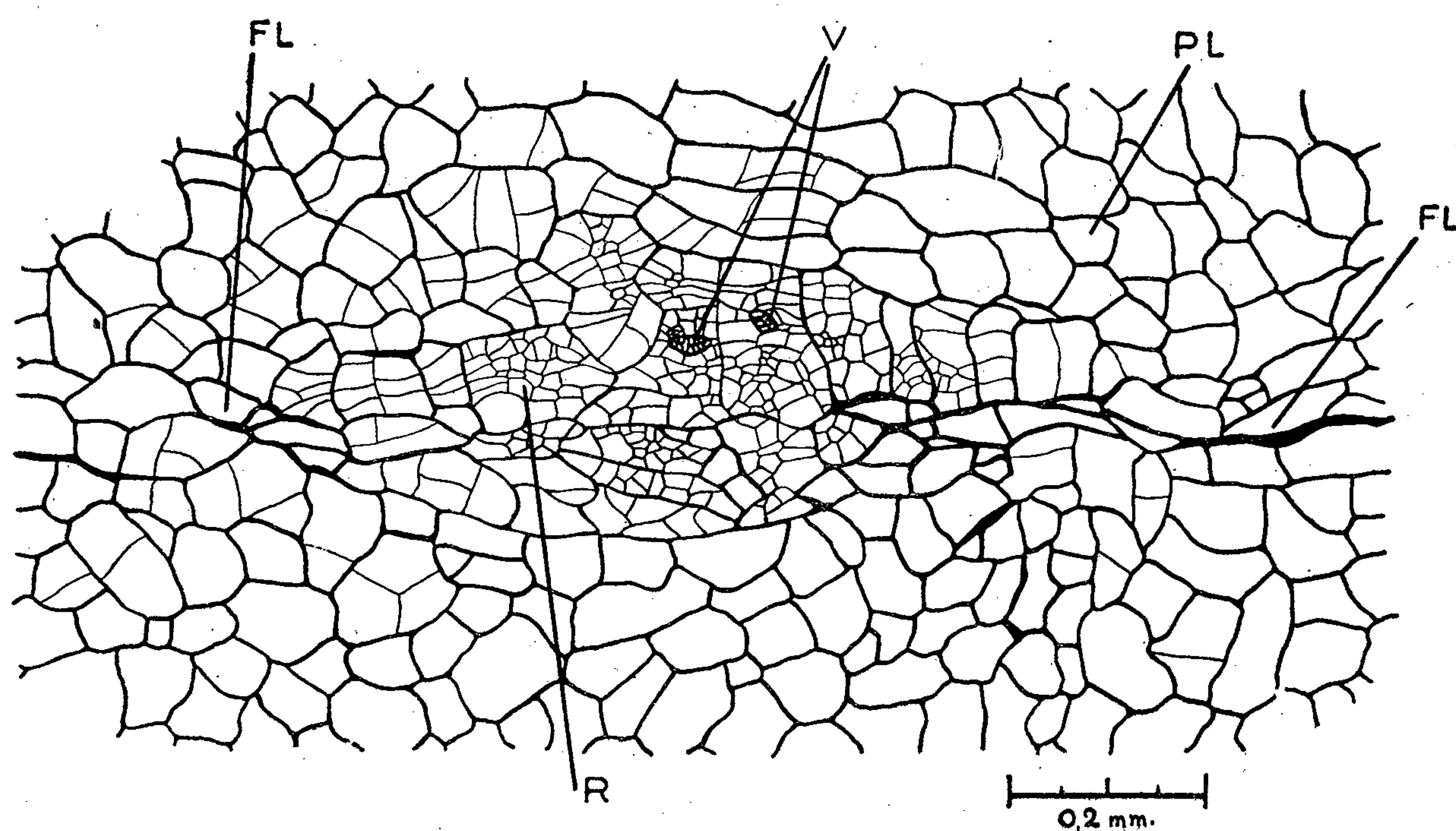


Fig. 2. — Modifications produites dans une file de cellules libériennes du porte-greffe sous l'action d'un bourgeon greffé. Coupe transversale pratiquée dans le même sujet que précédemment, 1600 µ au-dessous de la coupe représentée sur la figure 1. FL, file de cellules libériennes; PL, parenchyme libérien.

On peut observer ici l'avant-dernier stade des modifications morphologiques induites par le bourgeon greffé. Les éléments conducteurs représentés à la figure 1 se sont orientés vers la file de cellules libériennes la plus proche et l'on peut observer au sein de ces tissus, parmi les recloisonnements (R), un début d'organisation caractérisé par la différenciation de trois petits vaisseaux aberrants (V).

vers la file de cellules libériennes la plus proche et continuaient leur progression dans celle-ci en se dirigeant obliquement vers la zone génératrice du porte-greffe (*fig.* 2); lorsque les formations conductrices atteignaient cette zone génératrice, celle-ci commençait alors à proliférer, mais seulement en dessous du raccord.

Lorsque les greffons étaient placés dans la région radicale des explantats, nous avons obtenu des résultats différents : le passage de l'influence du bourgeon au travers des tissus assurant la soudure s'effectuait comme pour la face foliaire, mais nous n'avons jamais observé d'action en profondeur sur les tissus du sujet. Nous avons constaté seulement un raccord entre les formations conductrices induites à travers la soudure et celles de la plage libéro-ligneuse qui se développe très tôt à l'intérieur du cal. Il nous a été impossible de caractériser les modifications morphologiques induites éventuellement parmi les nombreuses lignifications que l'on observe normalement.

En résumé nous avons obtenu, par greffage, des résultats absolument comparables à ceux observés dans le cas de bourgeons se formant normalement sur les tissus d'Endive. Ces nouvelles expériences nous ont permis de confirmer l'hypothèse que nous avions émise précédemment, d'après laquelle il semble que cette modification des tissus soit due à une substance organisatrice produite dans la région méristématique, capable de traverser la soudure de la greffe et dont la conduction s'effectuerait uniquement dans le sens feuille-racine.

GÉNÉTIQUE. — Hybrides de greffe *et hybrides sexuels.*
Note [1] de M. **André Guillaumin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'étude que j'avais consacrée en 1925 [2] aux × *Pyronia*, c'est-à-dire aux hybrides sexuels de certains Poirier × Cognassier, m'avait amené à mettre en relief les ressemblances troublantes entre ceux-ci et les + *Pyro-Cydonia*, c'est-à-dire avec ce qu'on a appelé des *hybrides de greffe* entre ces deux genres.

La floraison et la fructification des + *Pyro-Cydonia Winkleri* Daniel et *Claracii* Daniel, s'étant enfin produite pour la première fois en 1944 [3] et s'étant renouvelée en 1945, m'ont permis d'insister à nouveau sur ces ressemblances, qui s'étendent non seulement aux organes végétatifs mais aussi aux fruits (*Rev. hort.*, n. s., 29, p. 145, fig.; *Bull. Mus.*, n. s., 16, p. 90; 17, p. 251), si bien que j'ai pu émettre l'hypothèse que ce que l'on avait

---

(1) Séance du 15 octobre 1945.
(2) *Bull. Soc. dendrol. France,* 1925, p. 62, pl. noire.
(3) Le + *Pyro-Cydonia Winkleri* n'a fleuri et fructifié qu'au bout de 42 ans.

pris pour des *hybrides de greffe* était, en réalité, des hybrides sexuels méconnus, employés comme porte-greffe à la place de Cognassiers.

Le + *Pyro-Cratægus Willei* Daniel semble, lui aussi, être un hybride sexuel intermédiaire entre Poirier et Épine; il a du reste, comme le + *Pyro-Cydonia Winkleri*, présenté une grande difficulté à fleurir et à fructifier [4].

Le nom d'*Amygdalo-Persica* a été donné à des plantes foncièrement différentes entre elles :

L'*Amygdalo-Persica Formontii* Daniel consistait en deux Pêchers var. *Mignonne*, âgés de 100 ans environ, écussonnés en pied sur Amandier, ayant donné, en 1908, puis en 1925, à Montreuil (Seine), sur le tronc et les branches latérales, des pousses d'Amandier. Celles-ci ont fleuri dès 1911 et donné, à partir de 1915, des amandes à coque dure, tandis que le reste de l'arbre donnait des pêches. Semées en 1916, ces amandes ont donné des Amandiers, qui ont eux aussi donné des amandes en 1925. L' + *A.-P. Formontii* correspond donc exactement à la définition de la chimère, bien qu'on ait voulu y voir un *hybride de greffe*. Il est impossible de le propager, aussi bien par semis que par multiplication végétative, puisqu'on obtient toujours un Amandier ou un Pêcher pur.

L'× *A.-P. persicoides* ou *Prunus Amygdalus* var. *persicoides* Kœhne, 1892, *P. persicoides* Asch. et Graebn., 1906, *P. Amygdalus* × *Persica* Föcke, 1892, *P. Amygdalo-Persica* Duhamel, 1809, *P. Persica* × *communis* Asch. et Graebn., 1906, *Amygdalus persicoides* C. Koch, 1869, *A. communis* var. *persicoides* Ser. *in* DC., 1929, *A. communis* var. *Amydalo-persica* Spach, 1843, *A. Persico-Amygdalus* Reichenbach, 1832, se présente sous deux formes. L'une qu'on a appelée × *Amygdalus nemausensis* Cabanès [5] qui serait le produit Amandier ♀ × Pêcher ♂ se rencontre fréquemment dans la région de l'Olivier et de la Vigne, notamment près de Nîmes (*Nemausus*). Il se présente comme un arbre vigoureux fleurissant très abondamment et donnant des fruits verts, à chair coriace, s'ouvrant sur le côté à maturité mais renfermant un noyau de pêche. La seconde forme, observée en Alsace par Walter, est un arbre souffreteux, fleurissant et fructifiant rarement, les fruits étant analogues à ceux de la plante du Midi.

Si l'on sème les fruits de cette dernière on obtient, en première génération, des plantes donnant de très grosses amandes, à coques extrêmement épaisses et à amandes amère. En deuxième génération, on obtient des arbres ressemblant les uns à des Amandiers, les autres à des Pêchers. Ces derniers donnent des fruits présentant les caractéristiques de la pêche tandis que les premiers, bien qu'ils fleurissent abondamment, ne donnent

---

[4] Le phénomène ne s'est produit qu'au bout de 15 ans.

[5] *Mémoires de l'Académie de Nîmes*, 1928-1930, p. 140.

que peu de fruits qui tombent dès qu'ils ont atteint la taille d'un pois; toutefois leur époque de floraison est voisine de celle du Pêcher, étant plus tardive que celle de l'Amandier ([6]). Par tous ces caractères, il est évident que les × *A.-P. persicoides* qui paraissent connus dès la fin du XVI[e] siècle, sont des hybrides sexuels au même titre que le *Cratæmespilus* ([7]) *grandiflora*.

L'+ *A.-P. Delponii* Daniel consistait en un Pêcher à fruits jaunes greffé sur Amandier, ayant donné en 1905, au Mas Garnier (Tarn-et-Garonne), jusqu'à 30[cm] au-dessus du bourrelet de greffage des pousses de Pêcher, d'Amandier et des pousses intermédiaires. Ces dernières ont porté des fleurs analogues à celles du Pêcher donnant naissance à des fruits colorés, à chair molle comme des pêches mais renfermant des noyaux intermédiaires entre ceux du Pêcher et de l'Amandier. L'arbre n'a pas été conservé, mais en 1913 il existait deux jeunes pieds issus des noyaux intermédiaires. Daniel ([8]) a rapproché cet arbre des × *A. P. persicoides*, mais il en est bien différent car ces derniers sont intermédiaires entre Pêcher et Amandier dans tous leurs caractères, tandis que l'+ *A.-P. Delponii*, avec ses rameaux de Pêcher, d'Amandier et intermédiaire, est tout à fait comparable aux *Cratægo-Mespilus* qui sont des chimères et, comme eux, peuvent fournir des greffons propres à conserver chacun des trois types de rameaux.

En définitive, seuls seraient des chimères le + *Laburno-Cytisus Adamii*, les *Cratægo-Mespilus* (Néflier de Bronvaux et Néflier de Saujon) et les + *Amygdalo-Persica Formontii* et *Delponii*.

Il est regrettable que le même nom d'*Amygdalo-Persica* s'applique ainsi à la fois à des chimères et à des hybrides alors que × *Cratæmespilus* permet de distinguer les hybrides des + *Cratægo-Mespilus*, c'est-à-dire des chimères; ainsi peut-on proposer le nom de × *Persicamygdalus persicoides* pour les hybrides entre Pêcher et Amandier, le nom d' + *Amygdalo-Persica* étant réservé pour les + *A.-P. Formontii* et *Delponii*, c'est-à-dire les chimères entre ces deux genres.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherche et numération des Bactériophages dans les eaux.* Note de M. **Frédéric Diénert**, présentée par M. Maurice Javillier.

On rencontre dans les eaux superficielles un certain nombre de Bactériophages, en particulier ceux du *B. coli*, du B. d'Eberth et des paratyphiques. Ils sont apportés par des eaux suspectes, en particulier par les eaux vannes. Les eaux souterraines, bien protégées, n'en contiennent pas quand, sur leur

---

([6]) J. Bordas, *Journée de l'Amandier*, 1939, Études et Rapports, p. 32.
([7]) Ne pas confondre *Cratæmespilus* et *Cratægo-Mespilus*.
([8]) *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 2000.

parcours, elles ne reçoivent aucune eau contaminée. En ce qui concerne la surveillance des eaux des baignades, la recherche du *B. coli* ne donne souvent aucune indication précise, surtout lorsqu'il s'agit de déceler une contamination voisine à quelques kilomètres à l'amont. Au contraire l'apport du Bactériophage se manifeste plus nettement, car le nombre en est plus restreint. C'est pourquoi nous avons été amené à compléter l'analyse bactériologique des eaux de baignade par la recherche quantitative des Bactériophages pour les *B. coli*, Eberth et para B. qui se trouvent dans toutes les eaux contaminées.

Mme Gueslin a proposé une méthode de numération du Bactériophage qui comporte un chauffage à 58° pour détruire les germes résistants au Bactériophage qui gênent l'observation de la lyse. Nous avons reconnu qu'en pratique ce chauffage est un défaut de la méthode et qu'il faut l'éviter. La méthode que nous proposons nous a toujours donné de meilleurs résultats. En voici le principe : On ensemence avec l'eau à analyser, préalablement filtrée à la bougie Chamberland L_3, un bouillon de peptone à 2 % additionné de plusieurs millions du germe (*B. coli*, B. d'Eberth, B. para B) (généralement 50^{cm^3} d'eau pour 50^{cm^3} de bouillon). On répartit ce mélange dans un certain nombre de tubes à essai à raison de 9 avec 10^{cm^3} et 10 avec 1^{cm^3} et, si l'eau est très contaminée, on dilue le dernier centimètre cube dans 10^{cm^3} de bouillon de peptone à 2 % qu'on répartit ensuite dans 10 tubes à raison de 1^{cm^3} par tube. Dans ce dernier cas, on a 28 tubes ensemencés, mis à l'étuve 24 heures à 38°.

Le lendemain, on prépare 3 plaques de Petri, contenant chacune 20^{cm^3} de gélose 2 % additionnée de 10 % d'arséniate de K au pH 7,5. On trace par un trait de crayon gras sur le fond de chaque plaque 10 secteurs. Sur la gélose arséniatée, on répand 4 gouttes d'une suspension d'environ 4 à 5 millions de germes au centimètre cube, dont on veut numérer le Bactériophage (soit 4 öses de culture sur gélose arséniatée à 10 %). Environ une demi-heure après l'étalement, on prend le 1er tube de bouillon cultivé 24 heures à 38° et l'on en dépose une petite goutte sur un des secteurs de la gélose arséniatée; on prend un autre tube et l'on ensemence un autre secteur et ainsi de suite pour les 28 tubes. On met à l'étuve à 38°. Le lendemain on constate une lyse très nette à la place de la goutte déposée si celle-ci contenait du Bactériophage. Autant de lyses, autant de Bactériophages dans le volume d'eau ensemencée dans chacun des tubes.

Cette méthode ne peut réussir qu'à deux conditions : 1° que le Bactériophage soit naturellement acclimaté à l'arsenic, ce que l'expérience vérifie sans exception, et 2° qu'on puisse acclimater les germes étudiés à l'arsenic.

L'acclimatation à l'arsenic est très facile pour le *B. coli*. Pour cela on cultive le germe dans des bouillons de peptone au pH 7,0 dont on augmente progressivement de 0,5 à 6,5 % la dose d'arsenic. L'acclimatation dure six semaines pour arriver à 10 % d'arsenic. Le B. d'Eberth et le para B ne s'acclimatent qu'au bouillon à pH 7,6 environ et en présence de phosphate

de K (environ 3 à 4 %). L'acclimatation est plus longue. Elle dure de deux à trois mois.

La difficulté d'acclimater le B. d'Eberth et le para B à l'arsenic nous amène à penser qu'il est très difficile d'admettre, comme le voudrait l'École lyonnaise, que le *B. coli* et les B. d'Eberth et para B sont les variétés d'une même espèce.

Dans notre méthode de dosage du Bactériophage, nous préconisons la filtration préalable de l'eau ponr obtenir une lyse bien nette; cependant elle n'est pas indispensable. Quand on ne filtre pas l'eau, on constate la lyse très nette en bordure d'une culture microbienne, qui se développe au centre de la surface occupée par la goutte déposée et est constituée par des germes existant dans les eaux contaminées, et qui sont naturellement acclimatés à l'arsenic.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 13 décembre 1944.)

Note de M. *André Étienne*, L'action du bromure de phénylmagnésium sur les azanthracènes-α :

Page 623, ligne 25, *au lieu de* F 170°, *lire* F 147°,5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture du Décret suivant :

DÉCRET.

Le Gouvernement Provisoire de la République française,
Sur le rapport du Ministre de l'Éducation Nationale,
Vu l'arrêté consulaire du 3 pluviose an XI,
Vu les ordonnances des 21 mars et 5 mai 1816,
Vu le décret du 17 mars 1913 créant une Section de Membres non résidants à l'Académie des sciences,
Vu le procès-verbal de la séance tenue le 28 mai 1945 par l'Académie des sciences,

Décrète :

Article premier. — Le nombre des Membres de la Section des Membres non résidants de l'Académie des sciences est porté de six à douze.

Article 2. — Le Ministre de l'Éducation Nationale est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal Officiel* de la République francaise.

Fait à Paris, le 3 novembre 1945,
Signé : Ch. de Gaulle.

Par le Gouvernement
de la République française :
Le Ministre de l'Éducation Nationale,
Signé : René Capitant.

Pour ampliation,
le Conseiller pour les Lettres,
Signé : Jean Hytier.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Il y a une semaine, j'avais le regret d'apprendre à l'Académie le décès de notre Confrère Gustave Moussu. Un nouveau deuil nous frappe

aujourd'hui en la personne du **Général Bourgeois**, Membre de la Section de Géographie et Navigation depuis le 18 juin 1917 et décédé à Paris, samedi dernier 10 novembre, à l'âge de 88 ans.

Joseph-Émile-Robert Bourgeois était né à Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin) le 21 février 1857. Il entrait à l'École Polytechnique en 1876 et il allait parcourir dans l'arme de l'Artillerie une brillante carrière militaire, où l'activité du soldat était de bonne heure associée à une féconde vie scientifique; le tout devait être couronné, à l'âge de la retraite, par une non moins heureuse participation à la politique. Devenu en effet sénateur du Haut-Rhin, Bourgeois a été vice-président du Sénat; il y a présidé les Commissions de l'Armée, de l'Air et de l'Algérie. Dans les années qui ont précédé la dernière guerre, il avait eu l'occasion de manifester la clairvoyance de son patriotisme à la Commission des Affaires Étrangères.

Sa carrière scientifique a été non moins remarquable et s'est traduite par de nombreuses et hautes fonctions. Il l'inaugurait, dès 1888, où il était détaché à la Section de Géodésie du Service géographique de l'Armée, dont il devenait directeur en 1911; il a rempli ces fonctions jusqu'à son passage dans le cadre de réserve en 1919. En 1908, il avait succédé à H. Poincaré comme professeur de Géodésie et Astronomie à l'École Polytechnique et le restait jusqu'en 1928. Il devenait aussi membre du Bureau des Longitudes en 1921. Il a représenté la France à l'Association géodésique internationale, où il a joué un rôle important. Il a participé de façon active et éminente à la vie de plusieurs de nos grandes Sociétés scientifiques : la Société française de Physique, qu'il a présidée en 1914, la Société astronomique de France, la Société de Géographie qui lui a décerné sa grande Médaille d'or en 1907. Il a présidé notre Compagnie en 1932.

Mais je dois ici donner spécialement mon attention à son œuvre originale, qui s'est accomplie dans le domaine de la Géodésie. Elle s'est réalisée pour une grande part à l'occasion de missions spéciales. C'est ainsi qu'en 1895, il participait à l'expédition de Madagascar, comme chef du bureau géographique du corps expéditionnaire, et c'était l'occasion pour lui d'y faire œuvre de géodésien. En 1901, il devenait chef de la Mission géodésique, chargée de la mesure de l'arc de méridien de Quito, et la dirigeait pendant toute sa période d'activité, puis il assurait la publication de ses travaux.

Il a participé à de nombreuses et importantes entreprises géodésiques en France et hors de France. Par exemple, à la réfection de la méridienne de Paris, de Dunkerque à Perpignan, prolongée en Algérie par des triangulations à travers l'Espagne; à la mesure de différences précises de longitude (Brest-Dakar, Paris-Bizerte, Paris-Bruxelles, Paris-Lyon, Paris-Nice); au raccordement des triangulations française et allemande. Dans toutes ces opérations il a imaginé et mis en œuvre des perfectionnements techniques. Il a fait aussi en plusieurs points des mesures de la déviation de la verticale,

de la déformation du géoïde, notamment dans le Plateau Central et aux environs d'Alger. En Algérie et en Tunisie, il a prolongé le tracé de méridiennes jusqu'au Sahara (Biskra-Ouargla). De 1911 à 1914 il a dirigé l'exécution de la Carte géographique du Maroc au 1/100000e et au 1/200000e. En 1907-1908, il avait aussi fait des travaux géodésiques et astronomiques importants en Crête.

La mesure de l'arc de méridien de Quito, dans l'Équateur, mérite une mention spéciale. La France reprenait, pour la préciser et la rectifier, la belle œuvre accomplie au XVIIIe siècle, sur l'initiative de l'Académie des Sciences, par Bouguer, La Condamine et Godin au Pérou. Sous la direction de Bourgeois, la mission nouvelle, de 1901 à 1906, a réussi brillamment, en triomphant de difficultés matérielles nombreuses et sérieuses et en mesurant un arc de Méridien de 6° de façon très précise. Je ne puis insister ici sur tous les perfectionnements techniques mis en œuvre pour cette grande opération.

Pendant la guerre de 1914-1918, étant à la tête du Service géographique de l'Armée, puis, en 1917, devenant directeur de l'Artillerie, il a, par sa grande compétence scientifique, son activité et son esprit d'organisation, servi de façon éminente la Défense nationale.

Mais il ne suffit pas de rappeler toutes les occasions qu'il a trouvées de faire œuvre utile, il reste en dehors d'elles et pour l'avenir que le général Bourgeois a réalisé de nombreux perfectionnements des techniques et des méthodes qui valent pour l'avenir. Il a donc accompli une œuvre scientifique qui laissera une trace profonde dans la Géodésie.

Nous avons tous goûté ici les qualités de l'homme, sa courtoisie, la vivacité de son esprit, son enjouement. L'âge n'avait guère eu de prise sur lui. Jusque il y a peu de temps encore, il était resté alerte et bien vivant. Il continuait à prendre une part active et régulière à nos séances, intervenant avec ardeur dans nos Comités secrets. C'est une longue et belle existence qui vient de se terminer et dont je salue en votre nom et avec émotion le souvenir.

Je lève la séance en signe de deuil.

Notice nécrologique sur GUSTAVE MOUSSU,
par M. **MAURICE CAULLERY.**

L'Académie a reçu, il y a quelques jours, la nouvelle du décès, le 16 octobre dernier, à Saint-Laurent-en-Gâtines (Indre-et-Loire), de notre Confrère **AUGUSTE-LÉOPOLD**, *dit* **GUSTAVE MOUSSU**. Il appartenait, depuis le 14 mai 1934, à la Section d'Économie rurale. Il était âgé de 81 ans.

Professeur à l'École nationale Vétérinaire d'Alfort, Moussu avait été physiologiste et anatomo-pathologiste, en même temps qu'il apportait

des contributions nombreuses et de haute portée théorique et pratique à une série de questions concernant les maladies du bétail.

Dans le domaine de la physiologie, on lui doit des travaux qui ont marqué dans la connaissance du rôle respectif de la glande thyroïde et des glandes parathyroïdes. Il a été l'un des expérimentateurs qui ont su différencier les fonctions de ces deux appareils, en opérant sur diverses espèces domestiques (Porc, Lapin, Chat, Poulet) et montrant que les glandes parathyroïdes sont indispensables à la vie, leur ablation entraînant rapidement la mort, tandis que celle de la glande thyroïde, particulièrement chez l'animal jeune, permet la survie, mais détermine des troubles de croissance, aboutissant à des états pathologiques définis (crétinisme, myxœdémateux ou atrophique). On lui doit encore des données sur la production de la lymphe : il a montré nettement, chez le Cheval, que la lymphe n'est pas seulement le résultat de l'exsudation du plasma à travers la paroi des vaisseaux sanguins, mais qu'elle est directement élaborée par les tissus, en rapport avec leur activité vitale. On lui doit aussi la découverte des nerfs excito-sécrétoires de la glande parotide, qui jouent, pour cette glande, le rôle de la corde du tympan pour la glande sous-maxillaire. Toutes ces recherches physiologiques correspondent à la première partie de sa carrière scientifique, de 1888 à 1900.

Par la suite, il s'est occupé surtout de pathologie vétérinaire, et ses recherches sur les maladies des animaux domestiques ont eu une très haute valeur pratique. Il faut citer, en premier lieu, celles sur la tuberculose (surtout chez les vaches) : conditions de la contagiosité, mesures prophylactiques, détection de la maladie par la tuberculine, études relatives à la vaccination, étude du lait des Vaches tuberculeuses, aux diverses phases de l'infection. Il a montré, en particulier, que le lait pouvait contenir des bacilles, en dehors de toute lésion des mamelles. A citer aussi ses recherches sur la fièvre aphteuse, sur la paratuberculose bovine, sur l'ostéomalacie des Porcs. Il a fait d'importantes recherches parasitologiques, en particulier sur les distomatoses et les strongyloses du bétail. En ce qui concerne la douve du foie (*Distoma hepaticum*), il a analysé avec précision les conditions de la contamination des Moutons dans les prés et les moyens propres à l'enrayer; il a trouvé aussi une thérapeutique appropriée contre l'infection réalisée. Toutes ces recherches ont eu pour l'élevage d'heureuses conséquences pratiques; elles ont évité à notre économie rurale des pertes considérables.

Moussu avait été amené par ses divers travaux à écrire un *Traité des maladies du bétail*, qui a eu de nombreuses éditions et qui a été traduit en anglais, en italien et en espagnol. Il est aussi l'auteur d'ouvrages particuliers sur *Les maladies du Porc*, *Les maladies du Mouton* etc.

Enfin, un certain nombre de ses Mémoires sont d'ordre anatomo-

pathologique ou chirurgical. Il a également expérimenté sur les greffes de glandes sexuelles et émis à cet égard des conclusions très judicieuses.

On voit donc que Moussu a occupé avec une rare efficacité la chaire de pathologie de l'École vétérinaire d'Alfort et y a accompli une œuvre scientifique étendue et variée, ayant, en même temps, une portée pratique considérable. Son rôle a été également important dans beaucoup de questions d'économie rurale et sociale, comme la conservation des viandes par le froid et leur transport à grande distance, et nombre d'autres problèmes pratiques.

Il n'est pas possible, dans le cadre de cette Notice, d'entrer dans le détail de cette œuvre, très variée, comme on le voit, mais qui, en même temps, a beaucoup d'unité, du point de vue général de l'Économie rurale.

Depuis d'assez nombreuses années, Moussu vivait loin de Paris et il n'a que peu participé à nos séances. J'adresse, au nom de l'Académie, toutes nos condoléances à ses proches, à l'occasion de la perte douloureuse qu'ils viennent d'éprouver en sa personne.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Marcel Brelot. *Les principes mathématiques de la Mécanique classique.*

M. **Henri Mineur** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats au poste d'Astronome titulaire vacant à l'Observatoire de Paris.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'existence du phosphate monocuprique en milieu phosphorique concentré.* Note de M. **Jean Mercadie**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'étude du mécanisme du polissage anodique m'a conduit à rechercher la forme sous laquelle le métal existe dans le bain d'électrolyse. Nous examinerons ici le cas du cuivre en bain phosphorique (1).

On constate, en dehors même du phénomène d'électrolyse, que l'hydroxyde cuivrique se dissout dans une quantité suffisante de solution aqueuse d'acide orthophosphorique, alors que les seuls phosphates connus possibles $(PO^4)^2Cu^3$ et PO^4HCu sont tous deux insolubles dans l'eau. Ceci laisse prévoir l'existence en solution d'une combinaison plus riche en acide que ces deux sels. J'ai recherché la formule de ce composé défini en mesurant le potentiel d'une électrode de cuivre en solution aqueuse contenant une petite quantité fixe de

(1) P. Jacquet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, 3, 1936, p. 705.

cuivre et de quantités variables d'un grand excès d'acide orthophosphorique. A la réaction réversible



$$\mathrm{Cu(PO^4H^2)^n} \rightleftharpoons \mathrm{Cu^{++}} + n\mathrm{(PO^4H^2)^-}$$

correspond la relation d'action de masse

$$\log[\mathrm{Cu^{++}}] + n\log[(\mathrm{PO^4P^2})^-] - \log[\mathrm{Cu(PO^4H^2)^n}] = \log \mathrm{K},$$

où les crochets représentent les activités de groupements correspondants. On aura à déterminer la valeur entière de n pour laquelle $\log \mathrm{K}$ est constant. La mesure du potentiel de l'électrode fournit $[\mathrm{Cu^{++}}]$ par la formule classique

$$e = e_0 + \frac{\mathrm{RT}}{n\mathcal{F}}\log[\mathrm{Cu^{++}}],$$

soit, à 25°, en prenant pour e_0 la valeur $+0{,}3454$ (2),

$$e = 0{,}3454 + 0{,}0296\log[\mathrm{Cu^{++}}].$$

L'acide attaquant irréversiblement l'électrode et étant d'autre part peu ionisé, ces mesures n'ont pas abouti. Je les ai reprises en substituant le phosphate monosodique $\mathrm{PO^4H^2Na}$ à l'acide orthophosphorique, ne conservant que la très petite quantité d'acide nécessaire pour dissoudre l'hydroxyde de cuivre. Le potentiel est alors stabilisé en moins de 2 heures et reproductible à 1/2 mV près, l'attaque irréversible de l'électrode étant devenue négligeable. D'autre part la variation de ce potentiel avec la concentration de $\mathrm{PO^4H^2Na}$ est notable, ce sel étant entièrement dissocié.

Résultats expérimentaux. — La concentration de cuivre en solution étant constante et égale à 0,003865 atome-g/litre (à 0,000005 atome-g/litre près) et la température étant maintenue à 25°, en négligeant les forces électromotrices de jonction entre la solution étudiée et l'électrode de référence au calomel à ClK saturé, on trouve :

Concentration de la solution en $\mathrm{PO^4H^2Na}$ (mol-g/litre)...	0,0727.	0,127.	0,227.	0,408.	0,727.	0,998.	1,36.	2,09.
Potentiel de l'électrode(mV)..	$+264\frac{1}{2}$	261	$256\frac{3}{4}$	251	$244\frac{1}{2}$	239	233	226

Calculs. — Le calcul des deuxième et troisième termes de la somme $\log \mathrm{K}$ utilise les coefficients d'activité. Ils seront donnés par la formule de Debye-Hückel

$$\log f = -\frac{0{,}506\,\mathrm{Z}^2\sqrt{c}}{(1 + 0{,}33\,a\sqrt{c})} \quad \text{à } 25°$$

(c est la concentration de $\mathrm{PO^4H^2Na}$, électrolyte uni-univalent, les autres concentrations étant négligeables, f étant le coefficient d'activité de l'ion, Z sa valence et a son rayon). L'approximation de Debye-Hückel néglige des termes peu importants en solution étendue, mais notables en solution

concentrée. Ils sont mal connus mais, heureusement, comme ils sont en première approximation, proportionnels au volume des ions considérés, ils doivent se compenser, en grande partie dans le calcul de log K. Dans le choix entre valeurs entières et petites de n, on peut penser que leur introduction ne modifierait pas le résultat obtenu.

Nous prendrons pour $(PO^4H^2)^-$: $a = 4{,}25$ Å. Pour Cu^{++}, étant donné les divergences rencontrées dans la littérature récente ([2]), ([3]), les calculs ont été faits en prenant successivement pour a les valeurs 6 Å, 6,5 Å et 7 Å. La conclusion définitive reste la même. Pour abréger, nous ne donnerons que les résultats relatifs à $a = 7$ Å (les autres sont très peu différents). Enfin, pour $Cu(PO^4H^2)^n$, nous choisirons la valeur vraisemblable 8,5 Å, une variation de a de 1 ou 2 Å n'ayant d'ailleurs qu'une répercussion négligeable sur le résultat final.

Tous calculs faits, on trouve :

Concentration de la solution en PO^4H^2Na (mol-g/litre)..	0,127.	0,227.	0,408.	0,727.	0,998.	1,36.	2,09.
log K pour $n =$ 1........	$\bar{1},627$	$\bar{1},327$	$\bar{1},127$	$\bar{1},002$	$\bar{2},868$	$\bar{2},746$	$\bar{2},650$
log K pour $n =$ 2........	$\bar{2},520$	$\bar{2},435$	$\bar{2},451$	$\bar{2},540$	$\bar{2},524$	$\bar{2},518$	$\bar{2},584$
log K pour $n =$ 3........	$\bar{3},593$	$\bar{3},750$	$\bar{2},008$	$\bar{2},329$	$\bar{2},445$	$\bar{2},565$	$\bar{2},887$

On remarque pour $n = 1$, une décroissance régulière totale de 0,977; pour $n = 2$, des variations irrégulières de faible amplitude autour de la moyenne $\bar{2},510$ (écart maximum, 0,075); pour $n = 3$, une croissance régulière totale de 1,294.

Conclusion. — La valeur $n = 2$ s'impose. Il existe dans une solution riche en ions $(PO^4H^2)^-$, un phosphate de cuivre non encore isolé $(PO^4H^2)^2Cu$ en équilibre avec les produits de sa dissociation. Le calcul montre que la proportion non dissociée atteint environ 75 % pour une concentration en $(PO^4H^2)^-$ de 1 ion-g/litre.

L'existence du cuivre en solution phosphorique concentrée sous la forme d'un composé électriquement neutre est un fait nouveau important dont doit tenir compte la théorie du polissage anodique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des dépôts lacustres du bassin de Saint-Flour et du bassin de Brioude.* Note de M. **René Lavocat**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis les publications de Marcellin Boule sur le Cantal en 1900, les sables et argiles du bassin de Saint-Flour sont considérés comme sannoisiens et reliés aux formations de base, d'aspect analogue, du bassin de Brioude,

---

([2]) Mlle Quintin, *J. de Chimie physique*, 35, 1938, p. 300.
([3]) J. Kielland, *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1939, p. 1675.

attribuées également au Sannoisien. Le principal argument a résidé dans la présence d'*Entelodon* et *Aceratherium* à Brons, près de Saint-Flour, et celle d'*Entelodon*, *Aceratherium* et *Cadurcotherium* à Barlières, près de Brioude. La liaison stratigraphique entre les deux bassins n'étant pas établie de façon péremptoire, il convient de les examiner séparément.

Depuis cette époque, la certitude a été acquise que le genre *Entelodon* monte, en France, au moins jusque dans le Stampien moyen. D'autre part, on ne peut attribuer une valeur stratigraphique précise à l'*Aceratherium* de Brons, représenté seulement par une mandibule, pièce peu caractéristique dans ce groupe, et que F. Roman a cru d'ailleurs pouvoir rapprocher d'une mandibule du Stampien de Latou (Lot-et-Garonne). Les deux fossiles cités caractérisent l'Oligocène, sans plus.

Mais il existe au Laboratoire de Paléontologie du Muséum des pièces encore inédites, trouvées en 1906 par A. Lauby dans une carrière de sables argileux près de Vendèze, petit village à 2^{km} au Nord de Saint-Flour. Ces échantillons, que j'ai pu étudier, sont les suivants : un beau crâne d'*Aceratherium*, plusieurs morceaux de mandibules de *Cadurcotherium* (avec dentition), enfin une portion de mandibule d'*Anthracotherium*, avec M_1 et M_2 intactes. Les deux premiers genres n'apportent aucune précision supplémentaire par rapport aux pièces de Brons; par contre l'*Anthracotherium*, lui, fournit la preuve que les sables de Saint-Flour ne sont pas sannoisiens, mais bien stampiens. Les seuls Anthracothéridés connus dans le Sannoisien ont une taille petite ou moyenne; toutes les espèces de grande taille sont au plus tôt stampiennes. Or la pièce de Vendèze se rapporte à un animal de très grande taille, voisin d'*Anthracotherium magnum* ou d'*A. bumbachense*, essentiellement stampiens. Si l'on ajoute que les *Cadurcotherium* sont plutôt stampiens que sannoisiens, et que la flore du Malzieu a été attribuée au Sannoisien sans raisons paléobotaniques bien précises, on pourra conclure, ainsi que F. Roman l'avait du reste déjà soupçonné, que les formations sableuses de la base du bassin de Saint-Flour doivent être attribuées au Stampien.

Cette conclusion mérite d'autant plus d'attention qu'elle affecte le diagnostic de l'ensemble des formations oligocènes de la Haute Auvergne. C'est en effet par une simple raison de similitude de faciès, d'ailleurs très frappante, avec le bassin de Saint-Flour, que Marcellin Boule avait rapporté au Sannoisien les arkoses et argiles rutilantes de la base de l'Oligocène des bassins d'Aurillac et de Maurs, dépourvues de fossiles. Cette raison de continuité nous amène à supposer maintenant que ces formations doivent elles aussi être rangées dans le Stampien, autrement dit qu'elles représentent l'équivalent stratigraphique du *second*, et non du premier, des niveaux d'arkoses de la Limagne méridionale.

Pour ce qui regarde le bassin de Brioude, Marcellin Boule s'est appuyé,

en 1900, sur la faune de Barlières pour affirmer l'âge sannoisien de ses sables de base. Mais on a vu plus haut que, d'après les découvertes faites depuis lors, cette faune, certainement oligocène, ne permet pas de décider entre le Sannoisien et le Stampien. *Entelodon* et *Aceratherium* vivent dans les deux étages. *Cadurcotherium*, qui est connu, dans le bassin d'Aquitaine et le Vaucluse, principalement du Stampien, serait, sans être décisif, plutôt favorable à l'attribution au Stampien des sables de Brioude, et il est regrettable que la remarque faite autrefois dans ce sens par F. Roman et L. Joleaud semble avoir eu peu d'écho.

On est amené ainsi à restreindre l'extension et le nombre des bassins de sédimentation sannoisiens du Massif Central. Seules subsistent avec certitude, en tant que formations sannoisiennes, celles du bassin du Velay, ainsi que celles de la base des séries oligocènes du Lembron et de la région des Couzes et de Saint-Bonnet-de-Rochefort, dans le bassin d'Ébreuil.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la partie occidentale du massif de Mendibelza, et les relations structurales de ce massif avec celui des Aldudes.* Note (¹) de M. **Pierre Lamare**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai indiqué (²) que la composition stratigraphique du massif du Mendibelza était bien différente de celle admise, et démontré l'âge albien du poudingue attribué jusqu'ici au Permien, dans la partie occidentale du massif. Étant données l'épaisseur et l'extension de ce poudingue, son rattachement au Crétacé entraîne des conséquences tectoniques importantes.

Le massif de Mendibelza diffère du massif situé immédiatement à l'W, celui des Aldudes ou de Valcarlos, à la fois par la composition du socle antéhercynien et par celle du revêtement post-hercynien.

Dans le segment du massif des Aldudes situé en territoire français et qui en représente près des trois quarts, on ne trouve que des formations siluriennes, ainsi que du Dévonien inférieur, les premières souvent plus plissées que les secondes, et peut-être affectées (surtout au N d'Arniguy) par des mouvements calédoniens. Sur la bordure N, elles s'enfoncent vers le SW, mais sont relevées momentanément par un bombement que j'ai appelé *anticlinal du Valcarlos*. A l'E aussi bien qu'à l'W se manifeste un ennoyage assez rapide, et le Silurien disparaît encapuchonné par le Dévonien.

Le socle du massif de Mendibelza ne comprend, lui, que du Carbonifère, sauf sur un point de sa bordure septentrionale où affleure, près de Mendive, un peu de Dévonien. Ce Carbonifère, qui comprend surtout des quartzites,

---

(¹) Séance du 29 octobre 1945.

(²) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 509.

des schistes et des calcaires d'âge dinantien, se montre affecté de plis assez réguliers dirigés NW-SE. Au N de la vallée de l'Esterenguibel, on y observe aussi des conglomérats et argilites rouges du Permien (conglomérats bien différents du poudingue de Mendibelza) ainsi que des grès triasiques, le tout recouvert par les masses puissantes du poudingue albien (ex-Mendibelza de la feuille Mauléon) dont la composition varie avec celle du substratum.

Sur le bord oriental du massif des Aldudes, pas de Crétacé inférieur, sinon un lambeau minuscule et douteux de poudingues, accrochés aux pentes SSE de Château-Pignon; le flysch repose transgressivement, avec ou sans interposition de faciès récifaux à Rudistes, sur les formations dévoniennes. Mais il existe, entre le massif de Mendibelza et celui des Aldudes, une zone de transition, qui correspond à la montagne d'Iramendy (limite E de la feuille Saint-Jean-Pied-de-Port). Cette montagne est constituée par une masse puissante de poudingues albiens qui reposent sur des schistes gothlandiens et gédinniens. L'ensemble, poussé vers l'W sur le bord oriental du massif des Aldudes, vient buter, non sans laminages et écrasements, contre le Crétacé supérieur de l'auréole du massif des Aldudes. Ce dernier, d'ailleurs, est, comme toujours, beaucoup moins disloqué que les terrains plus anciens : les principaux mouvements ayant fait jouer les unités hercyniennes l'une contre l'autre sont antérieurs au Cénomanien, et probablement aussi à l'Aptien.

Au N, le massif de Mendibelza est séparé du bassin triasique de Saint-Jean-Pied-de-Port par des cassures qui ont surélevé le socle hercynien du massif, mais sensiblement moins que celui du massif des Aldudes. Au S, on ne constate, au moins dans la partie occidentale, qu'un léger déversement du Crétacé inférieur sur le flysch sud-pyrénéen des vallées supérieures de la Nive et de l'Uhartepe, affluent de l'Iraty. Encore ce déversement est-il accusé aux seuls points de torsion, comme au Pic d'Erroçati, où l'on voit les poudingues albiens et les conglomérats calcaires du Cénomanien passer d'un pendage SSW 45° sur les crêtes, à un pendage NNE fort, par une courbure progressive visible avec la plus grande netteté sur le flanc NW de la montagne. Cette disposition trahit un simple gauchissement, et non un charriage comme l'avait cru Viennot, induit en erreur par les attributions stratigraphiques erronées de Fournier.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Symbiose bactérienne et physiologie des légumineuses.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Antoine Dunez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré que l'agronome ne peut compter sur l'automatisme des phénomènes naturels pour que soit assuré le fonctionnement

optimum de la symbiose bactérienne dans la culture des légumineuses. Il était nécessaire de compléter ces observations en recherchant dans quelle mesure la présence de nodosités affecte la physiologie de la plante, et si l'apport d'engrais azotés peut suppléer la fixation par le *Bactérium radicicola.*

L'expérience se présente dans des conditions relativement simples lorsque la bactérie spécifique n'existe pas dans le sol utilisé. Tel est le cas chez nous pour le soja et la serradelle. Il suffit alors de mettre en comparaison deux séries de parcelles ou de vases, les uns recevant de l'azote minéral à doses croissantes, les autres comportant l'inoculation préalable de la graine sans apport d'azote. On constate ainsi que, quelle que soit la dose d'azote, la vigueur des plantes sans nodosités est toujours moindre, leur pigmentation souvent anormale et leur teneur en protides moindre. Au champ, l'échec de la culture est fréquent. Mais il convenait de soumettre également à l'expérience des légumineuses fourragères à grand rendement comme la luzerne ou le trèfle. Dans ce cas, il est indispensable d'opérer en milieu stérilisé et d'éviter ensuite tout apport de germes par les poussières atmosphériques. Il suffit en effet que les racines portent quelques nodosités pour que les résultats soient modifiés. La technique suivante s'est montrée satisfaisante.

Les vases de culture renfermant du sable quartzeux calciné sont additionnés d'une solution nutritive sans azote et stérilisés à l'autoclave. Les graines désinfectées au « germisan » sont mises en germination aseptiquement sur tubes de gélose et transportées ensuite à la surface du sable. Pendant la durée du premier développement, le vase est recouvert d'une cloche de verre. Quand les plantes atteignent quelques centimètres on recouvre la surface d'une couche de 2^{cm} d'épaisseur de tourbe humide préalablement lavée à l'eau chlorhydrique, puis à l'eau distillée, essorée et stérilisée (pH 5,5). La protection ainsi réalisée s'est révélée efficace et a permis d'obtenir le développement complet des plantes sans aucune nodosité.

Quant aux apports d'azote, ils doivent être fractionnés en évitant d'atteindre les concentrations qui s'accompagnent d'un effet dépressif. Ces apports ont été effectués sous forme de dissolution dans les eaux d'arrosage. D'autre part la quantité de N ainsi apportée doit au total être suffisante pour permettre d'atteindre le développement maximum. Dans les vases sans azote, une suspension de *B. radicicola* a été introduite aseptiquement dans le milieu au moment du semis.

Nous indiquons ci-après quelques résultats obtenus dans ces conditions.

Influence de l'azote minéral sur le développement de la luzerne et du trèfle, avec et sans symbiose bactérienne (cultures en vases).

	Azote apporté par vase (mg.).	Poids total de matière sèche (g.).	Azote %.	Azote total dans la récolte (mg.).
Luzerne				
Témoins	0	1,25	2,96	36
Sans inoculation	50	2,10	2,97	62,4
	100	3,10	3,08	95,5
	200	6,20	2,48	154
	200	6,90	2,57	177,3
Avec inoculation	200 (G. S.) (1)	7,50	2,95	221
	200 (G. R.)	10,0	3,50	350
	0 (G. S.)	3,50	3,67	128
	0 (G. R.)	8,80	3,74	329
Trèfle				
Témoins	0	0,7	2,92	20
	200	6,0	3,10	186
Inoculé (G. R.)	0	9,5	3,45	328
	200	9,8	3,20	314

(1) G. S., germe sensible; G. R., germe lysorésistant.

Conclusions. — 1° La symbiose se traduit par un accroissement de la vigueur végétative de la plante.

2° En l'absence totale de nodosités, l'apport d'azote minéral ne permet pas d'obtenir un développement et un rendement en matière sèche atteignant celui qui s'observe lorsqu'il y a symbiose. D'autre part, la teneur en azote de la plante est toujours moindre.

3° En présence de nodosités, la plante absorbe l'azote minéral à sa disposition et la fixation symbiotique intervient alors à titre seulement complémentaire; elle est temporairement suspendue ou même totalement inhibée dans un milieu suffisamment riche. Par contre, en sol pauvre en azote, la fixation microbienne permet à elle seule, lorsqu'elle est active, d'assurer les besoins en azote correspondant au rendement maximum accessible. Elle atteint, dans ces conditions, son rendement économique maximum.

Ces considérations montrent le danger qu'il y aurait à considérer que le développement de l'industrie des engrais azotés de synthèse rend sans intérêt la fixation microbienne dans la culture des légumineuses. Le rôle de la symbiose ne doit d'ailleurs pas être limité au gain d'azote qu'elle assure dans des conditions particulièrement avantageuses; d'un point de vue plus général, elle apparaît comme conditionnant la physiologie propre des plantes de cette famille.

PHYTOPHARMACIE. — *Valeur insecticide des huiles végétales dans la lutte contre le Pou de San José* (Quadraspidiotus perniciosus *Comst.*). Note de M. **Guy Viel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le traitement chimique actuellement le plus généralement préconisé dans la lutte contre le Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.) consiste dans des pulvérisations d'huiles blanches de pétrole spécialement raffinées [1]. Nous avons cherché à remplacer ces produits par des émulsions d'huiles végetales d'origine métropolitaine et coloniale.

L'emploi des huiles végétales comme insecticides, conseillé depuis déjà longtemps, se trouve mentionné dans les ouvrages généraux de phytopharmacie [2]. Cependant les indications que l'on peut recueillir sur cette question ne permettent pas de préciser si les huiles d'origines diverses possèdent les mêmes propriétés insecticides et si elles sont efficaces contre le Pou de San José. Il résulte des travaux de A. Balachowsky [3] que les huiles d'olive et d'arachide sont actives contre certains pucerons et cochenilles, mais on ne peut comparer leur efficacité à celle de l'huile de colza, qui a été expérimentée à une concentration cinq fois supérieure (10 % au lieu de 2 %). Plus récemment A. W. Cressman et L. H. Dawsey [4] ont montré que les huiles brutes de coton, de maïs et de noix étaient équivalentes aux huiles de pétrole, mais que ces mêmes produits raffinés, ainsi que les huiles d'orange et de pin leur étaient inférieurs.

Il était donc utile de comparer différentes huiles végétales entre elles et avec une huile minérale pour savoir si les premières pourraient être substituées à la seconde dans la lutte contre le Pou de San José.

Nos essais ont été effectués, depuis 1942, sur des pêchers parasités du foyer de Mandélieu (A. M.). Des rameaux contaminés de cet arbre à un degré pouvant être caractérisé comme en *encroûtement* faible ou moyen, sont pulvérisés très soigneusement avec une émulsion de l'huile à examiner. Ce traitement est fait de janvier à mars. En mars, un mois à cinq semaines plus tard, alors que les insectes recommencent à évoluer, les rameaux traités sont coupés et les insectes morts et vivants sont comptés par examen au microscope binoculaire. En soulevant le bouclier, les cochenilles vivantes apparaissent bien turgescentes, tandis que les mortes sont plus ou moins desséchées et de couleur beaucoup plus brune. La détermination se fait sur 1000 ou 2000 cochenilles, à l'exception des cas où l'efficacité est nulle ou faible et où il est alors nullement utile de compter un tel nombre. Un examen analogue de rameaux n'ayant subi aucun trai-

---

(1) J. Bruneteau, *Annales des Épiphyties*, 9, 1943, p. 221-223.

(2) Bourcart, *Les maladies des plantes*, pp. 464-468. Paris, 1910; Balachowsky et Mesnil, *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées*, pp. 1848-1851. Paris, 1936.

(3) *C. R. Ac. Agric.*, 17, 1931, pp. 676-682; 19, 1933, pp. 497-508.

(4) *U S. Dep. of Agr. Techn. Bull.*, n° 801, 1942, 15 p.; *Rev. app. Entom.*, 30, 1942, p. 605.

tement permet de déterminer une mortalité naturelle et de calculer l'efficacité de l'insecticide par l'application d'une formule due à Abbott : $A = 100(Y - X)/Y$; A, efficacité de l'insecticide, Y, survie naturelle des insectes; X, survie des insectes après le traitement.

Nous donnons dans le tableau suivant un raccourci de nos résultats.

Nature de l'huile.	Concentration % de l'émulsion en émulsion mère.	huile.	Mortalité %.	Efficacité.
Huile d'arachide (plusieurs échantillons)...	2	1,4	60 à 69	36 à 55
	4	2,8	95 98	91 à 97
	5	3,75	99,3 99,7	98,6 à 99,5
» de caméline........................	4	2,8	69-77	7-59
	8	5,6	85,4	79
» colza............................	4	2,8	53-55	0-17
	8	5,6	97	95
» coton...........................	4	2,8	27-64	5-0
	8	5,6	94,2	91
» lin..............................	4	2,8	33-80	16-59
	8	5,6	95,4	93
» navette..........................	4	2,8	46-82	4-62
	8	5,6	93,5	90
» pépins de raisin (2 échantillons)...	2	1,4	27 à 35	0
	5,5	2,82	81,5	63
	7,1	3,7	87,6	75
	9	4,6	84,1	68
	8	5,6	83,8	77
» blanche raffinée, pour traitement d'été.	1	0,8	66	44
	2	1,6	98,1-99,7	97,3-99,5
	3	2,5	99,6	99,4
	4	3,3	99,3-99,9	99-99,8

Deux faits se dégagent nettement de nos expériences :

1° L'huile d'arachide est plus active que les autres huiles végétales étudiées (caméline, colza, coton, lin, navette, pépins de raisin).

2° L'huile d'arachide est inférieure à une huile blanche raffinée. Son efficacité, en émulsion à 2,8 %, est au-dessous de celle d'une émulsion à 1,6 % d'huile minérale.

En raison de l'extraordinaire fécondité du Pou de San José, il faut admettre qu'un insecticide, pour être utilisable contre ce parasite, doit avoir une efficacité supérieure à 97. L'huile d'arachide donne des émulsions qui, pour une concentration de 3,5 à 4 % d'huile, satisfont à cette condition; les autres huiles, même pour des concentrations plus élevées, dangereuses pour la plante, ont des propriétés insecticides insuffisantes.

ZOOLOGIE. — *Sur la sécrétion cirière de l'Abeille.*

Note de M. **René Moreaux**, présentée par M. Louis Fage.

Les principales conditions de la sécrétion cirière chez l'Abeille sont : 1° l'existence, au sein de la colonie, d'abeilles jeunes, seules capables de sécrétion cirière, ainsi que l'ont établi les remarquables travaux de Rosch;

2° une température optima de 33 à 36° au sein de la ruche;

3° une alimentation abondante mettant à la disposition des glandes cirières les hydrates de carbone qu'elles transforment en une autre substance ternaire, la cire.

Partant de ces données, nous avons réalisé deux séries d'expériences :

1° Nous avons placé des colonies normales d'abeilles, pourvues de jeunes *cirières*, au milieu d'un champ de trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*) en pleine floraison, c'est-à-dire procurant une nourriture particulièrement abondante, par de chaudes journées de juillet, où le thermomètre marquait, à l'ombre, une température extérieure de 28 à 30°. Au centre de ces colonies nous avons placé un cadre simplement amorcé de cire gaufrée et sous la barre supérieure duquel nous avons, en outre, offert aux Abeilles des succédanés divers de la cire pure (cire de Carnauba, cérésine, mélange résine-cérésine, rubéroïd, mélange paraffine-cire), susceptibles d'être utilisés par les Abeilles pour l'édification de leurs rayons, ainsi que l'avait fait précédemment Perret-Maisonneuve, produits que nous avons intentionnellement diversement colorés afin de pouvoir éventuellement les reconnaître dans la construction.

2° Nous avons de même placé des colonies absolument analogues et avec même cadre offrant les mêmes substances plastiques de remplacement, au milieu d'une forêt de sapins, sans aucune floraison (d'où carence alimentaire), forêt particulièrement fraîche, dans laquelle la température ne dépassait pas 12 à 15°.

Les résultats de ces expériences, plusieurs fois répétées, furent toujours identiques et les suivants :

1° Dans la première série d'expériences, les conditions de la sécrétion cirière étant réalisées au maximum (jeunes Abeilles capables de sécrétion, alimentation profuse, chaleur ambiante), les Abeilles ont rapidement et entièrement édifié leur rayon *avec de la cire pure provenant exclusivement de leur propre sécrétion, délaissant totalement les produits succédanés mis à leur disposition.*

2° Dans la deuxième série d'expériences, les conditions de sécrétion n'étant pas entièrement réalisées (carence alimentaire, froid ambiant), les Abeilles ont péniblement et lentement édifié un rayon, *en incorporant abondamment à leur propre cire, sécrétée en très minime quantité, les succédanés mis à leur disposition.*

Il apparaît donc que, pour l'édification de leurs bâtisses, les Abeilles n'utilisent les substances étrangères plastiques dont elles peuvent disposer qu'autant qu'elles sont dans l'impossibilité de sécréter la cire nécessaire.

A la suite de ses expériences personnelles, Perret-Maisonneuve [1] avait formulé la conclusion suivante : « ces expériences confirment que la sécrétion de la cire, dans les conditions normales de l'existence de l'Abeille

---

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, pp. 1317-1319.

(en dehors de la crise d'essaimage), est bien une nécessité économique et non une fonction biologique et que cet hyménoptère, pour éviter cette sécrétion et pour économiser son produit, revenant aux habitudes ancestrales, met volontiers en œuvre des substances étrangères plastiques quand il les a à sa disposition ».

D'après les résultats de nos propres expériences, à cette conclusion nous sommes donc en droit d'opposer la suivante : *la mise en œuvre de substances étrangères plastiques qu'elle a à sa disposition peut être pour l'Abeille une nécessité économique quand la fonction biologique de sécrétion cirière fait défaut.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La pourriture de la Betterave gelée; mécanisme de la synthèse de la fructosane.* Note de M. **Henri Belval** et Mlle **Berthe Delaporte**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les Betteraves gelées ne tardent pas à devenir visqueuses lors du dégel. Il est nécessaire de les traiter sans délai, si l'on ne veut pas s'exposer à des pertes importantes en sucre et à des difficultés presque insurmontables dans la filtration des jus. La campagne sucrière 1944-1945 en est la meilleure preuve.

Cette viscosité est due la plupart du temps à la production de *dextrane* aux dépens du saccharose, sous l'action d'un *Coccus* ([1]). Elle est due parfois aussi à la présence d'une *fructosane* ([2]), substance lévogyre, non fermentescible, non tributaire de la sucrase, facilement hydrolysable par les acides, au contraire de la dextrane, en se transformant en fructose exclusivement, et œuvre d'un autre microorganisme qui l'élabore également aux dépens du saccharose.

Isolé à partir d'une gouttelette de jus visqueux prélevé au cœur de la racine, ce dernier microorganisme se présente sous forme de courts bâtonnets ciliés et très mobiles. Ensemencé sur Betterave ou Carotte, il s'y développe avec la plus grande facilité; à 15-20°, les tissus sont rapidement recouverts d'une matière gluante, plus ou moins gonflée de bulles, signe évident que l'élaboration du glucide lévogyre ne va pas sans fermentation. La Pomme de terre ne convient pas pour la culture, non plus que le topinambour, sauf s'il s'agit, en fin de saison, de variétés riches en saccharose. De toute façon, il est indispensable de faire les cultures sur des tissus tués, que ce soit par la chaleur au cours de la stérilisation ou par le froid; jamais il n'a été possible d'obtenir le moindre développement de la Bactérie sur des organes vivants. Il ne s'agit donc pas là d'un agent pathogène au sens propre du mot.

Si l'on étudie en milieu liquide (solution de saccharose à 3 % additionnée de 1 % de peptone, à pH 7) le mécanisme de la synthèse de la fructosane,

([1]) H. Colin et M. Simonet, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 943.
([2]) H. Belval, *ibid.*, **218**, 1944, p. 854.

à la température ordinaire, on observe ce qui suit : pendant les trois premiers jours le saccharose disparaît peu à peu pour faire place à du sucre réducteur et à la fructosane, tandis que la fermentation se poursuit activement et que le milieu s'acidifie jusqu'à pH 4; au troisième jour la fructosane représente environ 40 % de la totalité des glucides encore présents, et 26 % du sucre initial; à ce moment, on trouve pour 100 de liqueur : $0^g,86$ de sucre réducteur, $0^g,28$ de saccharose et $0^g,78$ de fructosane, auxquels s'ajoute $0^g,18$ d'alcool. Passé ce temps, dans les conditions où l'on opère, le pourcentage de la fructosane ne s'accroît plus, l'acidité du milieu s'opposant sans doute au développement de la Bactérie, mais le saccharose continue de se transformer en sucre réducteur, d'autant que la réaction du milieu convient parfaitement à l'hydrolyse diastasique.

Il résulte de là qu'il faut distinguer, dans le travail bactérien, deux opérations bien distinctes : d'abord l'hydrolyse du saccharose en sucre interverti, puis la synthèse de la fructosane aux dépens du fructose sous l'action d'une fructosidase. Ce qui ne veut pas dire que cette synthèse s'effectue aux dépens du fructose du sucre interverti, car, et c'est là une observation d'une importance capitale, la Bactérie en question ne s'accommode en aucune façon du fructose stable, fructopyranose, tel qu'on le trouve à l'état cristallisé dans le commerce et précisément aussi dans le sucre interverti. C'est donc à partir du fructose instable, fructofuranose, utilisé pour ainsi dire à l'état naissant, que doit s'effectuer la synthèse du glucide lévogyre. Divers microorganismes, une douzaine environ, se comportent de même.

Dès lors il était à prévoir qu'il y aurait production de fructosane toutes les fois que le milieu de culture renfermerait un glucide possédant une molécule de fructofuranose située en fin de chaîne et liée à une molécule de glucose comme dans le saccharose. C'est bien ce que l'expérience a confirmé : cultivée sur raffinose, gentianose, stachyose et verbascose, la Bactérie a, dans tous les cas, élaboré de la fructosane, celle-ci toujours la même et identique à celle que l'on retire des cultures faites sur saccharose. Avec le mélézitose par contre, où la molécule de fructose est sous la forme stable et située au milieu de la chaîne entre deux glucoses, il n'y a ni développement bactérien, ni formation de substance lévogyre. Il n'y en a pas davantage si l'on emploie le turanose, diholoside isomère du saccharose, issu de l'hydrolyse faible du mélézitose et contenant comme lui le fructose à l'état stable.

C'est là une intéressante confirmation, par voie biochimique, des résultats obtenus par des méthodes purement chimiques sur la nature du fructose dans les polyholosides énumérés ci-dessus, plus particulièrement le gentianose, le stachyose et le verbascose qui, moins communs, n'avaient encore fait l'objet d'aucune recherche de ce genre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le système phosphomonoestérasique acide des hématies humaines et sur sa sensibilité à l'action du paraaminophénylsulfamide.* Note de MM. **Marcel Paget** et **Christian Vittu**, présentée par M. Léon Binet.

Le système phosphomonoestérasique acide des hématies humaines ne nous semble pas avoir fait l'objet d'études conduites selon un protocole expérimental rigoureux. Les travaux publiés jusqu'à ce jour ne tiennent pas compte, en effet, de la phosphominéralisation autonome qui se développe parallèlement à celle due à l'action des enzymes sur les substrats glycérophosphatiques par exemple ou négligent l'influence perturbatrice d'une forte concentration originelle en phosphates sur le développement ultérieur des processus enzymatiques.

Nos recherches ont été poursuivies selon le mode opératoire suivant qui évite les causes d'erreurs précédentes.

Prélèvement du sang sur liquoïde. Centrifugation immédiate; séparation parfaite du plasma surnageant. Laquage des hématies avec le double de leur volume d'eau bidistillée. Constitution de quatre séries de tubes A, B, C, D. La série A chiffre l'importance de la phosphominéralisation autonome aux divers pH envisagés; la série B, celle de l'ensemble : phosphominéralisation glycolitique + activité α ou β-glycérophosphatasique; la série C indique le sens de l'action du *p*-aminophénylsulfamide sur la phosphominéralisation; la série D, l'influence de cet effecteur sur les glycérophosphatases.

L'addition respective dans A, B, C, D de solution acéto-acétique; de solutions acéto-acétique + α ou β-glycérophosphate de soude ([1]); de solutions acéto-acétique + *p*-aminophénylsulfamide; de solutions acéto-acétique + α ou β-glycérophosphate de soude + *p*-aminophénylsulfamide (toutes ces solutions ayant des pH variant de 4,2 à 6,2 par intervalle de 0,2) répond aux nécessités de notre étude.

Tous les tubes qui renferment chacun $1^{cm^3},5$ d'hémolysat et un volume total de liquide de $5^{cm^3},5$ sont mis à séjourner pendant 60 minutes dans un bain-marie à 37° placé lui-même dans une étuve à la même température. Ils sont ensuite déféqués par de l'acide trichloracétique à 25 % et le dosage de l'ion P^5O^2 y est effectué par notre technique électrophotométrique rapportée ailleurs ([2]).

Des pH optima d'activité glycérophosphatasique α et β. — Trente-cinq essais ont été effectués avec un substrat à base de β-glycérophosphate; 28 d'entre eux ont révélé l'existence d'un seul optimum : 3 à pH 5,2;

(1) L'α- et le β-glycérophosphate de soude ont été préparés par M. O. Bailly.

(2) M. Paget et C. Vittu, *Ann. Biol. Clin.*, 9, 1943, p. 259.

1 à pH 4,6; 6 à pH 5,4; 18 à pH 5,6-4 ont présenté 2 optima : 2 aux pH 5,2 et 5,6; 1 aux pH 5 et 5,6; 1 aux pH 4,8 et 5,6-3 autres, enfin ont accusé un palier entre 5,4 et 5,6.

Trente-six essais avec substrat α-glycérophosphatasique ont donné des résultats sensiblement du même ordre — 31 : un seul optimum qui se situe à pH 5,6 pour 24 d'entre eux; à pH 5,4 pour 6 autres et à pH 5,2 pour le dernier; 4 présentent 2 optima : 2 aux pH 5,2 et 5,6; 1 aux pH 4,6 et 5,4; un autre aux pH 4,8 et 5,6. Un dernier essai révéla un palier entre 5,2 et 5,6.

L'optimum d'action est donc habituellement à pH 5,6. Un second optimum est plus rare. Il se situe, quand il existe, entre 4,6 et 4,8. L'activité α-glycérophosphatasique est beaucoup plus sensible aux variations de pH que la β. Elle est très faible en particulier aux pH compris entre 4,2 et 4,6 tout en restant plus élevée que la β.

Ces résultats confirment l'existence dans les hématies humaines des deux phosphomonoestérases isodynames III et IV. La première, beaucoup plus labile, manifesterait son activité de façon irrégulière, en raison de la présence variable d'inhibiteurs naturels sur la nature desquels nous ne sommes pas renseignés.

De l'importance numérique de ces activités au pH *optimum* 5,6. — Chez les sujets sains, il y a une forte disproportion entre les activités α- et β-glycérophosphatasiques des hématies à pH 5,6. Les activités moyennes α et β sont respectivement : chez l'adulte de 57 Unités Bodansky (chiffres extrêmes 49 et 58,5) et de 7 (chiffres extrêmes 5,4 et 10 U. B.).

Elles sont comparables à celles de l'enfant respectivement égales à 42 et 7,1.

On ne peut établir aucun rapport entre ces activités et celles des sérums correspondants.

De l'activité inhibitrice du p-aminophénylsulfamide. — Le *p*-aminophénylsulfamide M/30 est, dans la zone des pH envisagés, sans influence sur la phosphominéralisation autonome. Il provoque, par contre, une inhibition des activités glycérophosphatasiques α et β. Cette inhibition est plus marquée aux pH bas (4,2 à 4,6) où elle peut atteindre 30 à 35 %. Elle est au contraire peu accusée aux pH élevés où elle varie de 8 à 10 % chez l'α et de 1,5 à 10 % chez le β.

Elle paraît devoir s'expliquer par l'action du sulfamide sur l'apoenzyme protéinique des phosphomonoestérases. Des expériences complémentaires doivent nous en fournir la démonstration.

A 15^{h}45^{m} l'Académie se forme en Comité secret.

Le Comité secret est interrompu à 16^{h}. Le Bureau de l'Académie des Sciences morales et politiques, accompagné de M. **Winston Churchill**, Associé

étranger, qui vient d'être reçu par cette Académie et auquel on fait visiter les salles de l'Institut, vient prendre séance.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Je ne veux pas laisser M. **Winston Churchill** traverser cette salle sans le saluer au nom de l'Académie des Sciences et sans lui dire que, loin d'être importunés par cette perturbation de notre séance, nous nous réjouissons, au contraire, que le hasard ait fait coïncider sa présence ici avec la nôtre.

Ce nous est l'occasion de lui témoigner toute notre sympathie et notre admiration reconnaissante pour le rôle magnifique et décisif qu'il a joué dans la guerre. C'est à son héroïque et inflexible ténacité que nous devons aujourd'hui d'avoir reconquis la liberté et la joie de vivre et aussi la possibilité de continuer à servir la Science.

Dans l'esprit des Français, les noms du Général de Gaulle et de Winston Churchill sont inséparables. Le premier n'a pas désespéré de la France, au moment où tout semblait perdu pour nous. Il a eu confiance dans la ténacité anglaise. Et celle-ci est symbolisée désormais dans la personne de M. Winston Churchill, qui, lui non plus, n'a jamais perdu l'espoir, ni songé à cesser la lutte. Aujourd'hui encore ses discours de 1940, où il proclamait que l'Angleterre continuerait la lutte jusqu'au bout, quoi qu'il arrive, restent fixés dans notre mémoire et l'événement les a merveilleusement justifiés.

Je suis heureux de pouvoir, en ce moment, exprimer directement à M. Winston Churchill toute l'admiration et la gratitude que l'Académie des Sciences éprouve pour sa personne et pour son rôle comme premier ministre de la Grande-Bretagne.

Heartly welcome to M. Winston Churchill, for he is a jolly good fellow.

M. **Winston Churchill** remercie. Il exprime le vœu qu'une entente plus étroite s'établisse entre les Sciences mathématiques, physiques et naturelles et les Sciences politiques.

A 16h15m, les visiteurs ayant quitté la salle, le Comité secret est repris.

La séance est levée à 17h15m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Charles Platrier intitulé *Initiation aux mécaniques ondulatoires*, dont il a écrit la *Préface*.

MOTEURS THERMIQUES. — *Formules générales et simplifiées des turboréacteurs et turbopropulseurs à flux unique*. Note de M. **Maurice Roy**.

I. Pour la propulsion des avions, la turbine à gaz entre actuellement en jeu soit en actionnant une hélice (*turbopropulseur*), soit comme moteur compensé éjectant un flux réactif (*turboréacteur*), soit en combinant les deux effets.

La présente Note étend généralement à ces formes (à flux supposé unique) de la turbine à gaz, d'un haut intérêt pour l'aviation de demain, les formules simplifiées présentées dans deux Notes antérieures (¹) et indique quelques résultats et conclusions de leur application.

II. Je conserve les hypothèses simplificatrices et les notations des Notes susdites.

L'air est supposé capté, à la vitesse v_0 de translation en régime, par un diffuseur à prise frontale et l'on pose $\delta = v_0^2/2\,C\,T_0$. Captation et éjection (axiales) s'effectuent à la pression extérieure. On désigne en outre par ρ_f et ρ_j les rendements adiabatiques du diffuseur d'entrée (amont du compresseur) et des tuyères d'éjection (aval de la turbine), par ρ_h le rendement d'hélice (y compris réducteur).

Négligeant les pertes de charge entre compresseur et turbine, supposant exclus tout refroidisseur entre étages de compression et tout régénérateur, enfin admettant que la vitesse d'éjection est au moins égale à v_0, la hauteur de

---

(¹) Cf. *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 298; 221, 1945, p. 482.

détente est caractérisée par le nombre

$$(1)\qquad H=\frac{(1+\theta)M}{1+M}-\delta;\qquad \text{avec}\qquad M=\rho_f\delta+\frac{\gamma(1+\rho_f\delta)}{1+\delta};$$

la fraction $(1-\varepsilon)$ étant utilisée par la turbine de détente.

A la sortie de celle-ci, l'énergie cinétique du flux ne compte pas comme perte interne dans l'évaluation du rendement indiqué ρ'_d, qui peut donc atteindre une valeur au moins égale à l'optimum d'une turbine usuelle.

Divisé par CT_0 et rapporté à la masse-unité du flux, le travail indiqué de la turbine est $\rho'_d(1-\varepsilon)H$.

D'autre part on forme le nombre

$$(2)\qquad K=\frac{\left(1+\frac{\varepsilon H}{\delta}\right)[(1+\theta)-\rho'_d(1-\varepsilon)H]}{(1+\theta)-(1-\varepsilon)H}.$$

Alors, comptant la *résistance extérieure* de carène du système propulseur avec les résistances aérodynamiques du système propulsé, le *rendement global* η_g, rapport du travail utile de propulsion au pouvoir calorifique (*inférieur*, de préférence comme ci-après) consommé, est donné par

$$(3)\qquad \eta_g=\eta_b\,\frac{\rho_h\left[\rho_d(1-\varepsilon)H-\frac{\gamma}{\rho_c}\right]+2\delta(\sqrt{\rho_j K}-1)}{1+\theta-\left(1+\delta+\frac{\gamma}{\rho'_c}\right)}.$$

Cette formule, jointe à (1) et (2), permet les discussions les plus *générales*. Pour $\varepsilon=0$, on a un *turbopropulseur* pur, à effet de réaction négligeable. Pour $\varepsilon=1-\gamma/\rho_c\rho_d H=\varepsilon_M$, on a un *turboréacteur* pur. Pour $0<\varepsilon<\varepsilon_M$, on a un *turbo-propulso-réacteur*, dont la puissance utile de propulsion se partage entre *hélice* et *jet* dans le rapport des deux termes en numérateur.

Comme pour la turbine à gaz ordinaire, les fatigues *mécanique* et *thermique* du rotor de la turbine de détente peuvent être caractérisées par les critères Υ et $(1+\lambda)$ de notre Note précédente. Dès que le rapport de pression ϖ dépasse 3 à 4, ces nombres limitent $(1+\theta)$ selon la formule approchée

$$(4)\qquad 1+\theta\cong 1+\lambda+0{,}66\Upsilon^2,$$

car le premier étage, même s'il existe seul comme dans les turboréacteurs à faible compression, ne doit laisser au flux qu'une faible énergie cinétique *restante*.

III. Par unité de puissance utile de propulsion, le débit-masse de flux actif est $1/CT_0N$, N étant le numérateur de la fraction en second membre de (3). Ce débit unitaire influence notablement les dimensions et poids du système propulsif, rapportés à la puissance utile.

IV. Quant à η_g, l'altitude de vol intervient surtout par T_0 car, à v_0, u et T_l

fixés, on peut concevoir que les divers ρ (et ρ') ainsi que η_h soient maintenus invariables, pour un système bien *adapté*.

Alors, dans (1) à (3) et ε restant arbitraire, seuls $(1+\theta)$, δ et γ varient, tous en raison inverse de T_0.

V. Faisons l'application pour des données actuellement réalisables, soit $\rho'_c = 0,845$; $\rho_c = 0,83$; $\rho'_d = 0,865$; $\rho_d = 0,850$; $\eta_b = 0,98$; $\rho_j = 0,95$; $\gamma T_0 = 0,37.288^\circ$ ($\varpi = 3$, au sol); $T_l = 823^\circ$ K.; $u = 250$ m/s.

Au sol ($T_0 = 288^\circ$), faisons $v_0 = 200$ m/s et $\rho_f = 0,95(a)$ ou $v_0 = 250$ m/s et $\rho_f = 0,93$ (b) et réitérons (c) ce dernier cas pour l'altitude de $11\,000^m$ ($T_0 = 216,5^\circ$ K.). Puis, pour tenir compte de la baisse du rendement d'hélice dans le domaine subsonique, supposons $\rho_h = 0,8$ (a), $0,7$ (b) et $0,63$ (c).

Dans ces conditions η_g passe par un maximum lorsque l'hélice assure 76 % (a), 50 % (b) ou 64 % (c) de la puissance totale de propulsion. Au sol, de 200 à 250 m/s le maximum de η_g varie très peu ($\cong 0,153$), mais s'améliore notablement (0,169) à 11 000 m. Le gain relatif maximum de η_g est de 27,5 % (a), 7 % (b) et 15,5 % (c).

Par rapport au turboréacteur et au sol, le turbopropulseur est supérieur de 14,5 % (a), inférieur de 4 % (b), ou supérieur de 11 % (c).

Reprenons les mêmes cas, mais portons la compression à $\gamma T_0 = 0,67 \times 288^\circ$ ($\varpi = 6$, au sol) en admettant, toutefois, une diminution de ρ'_c et ρ_c, soit $\rho'_c = 0,805$ et $\rho_c = 0,79$. C'est ce que l'on obtiendrait en disposant un compresseur *centrifuge* ($\rho' = 0,795$) à l'aval du compresseur *axial* du cas précédent. On doit même pouvoir améliorer les rendements admis ici.

On note alors que η_g est maximum lorsque l'hélice assure 75 % (a), 28 % (b) ou 46 % (c) de la puissance totale de propulsion. En fait, à $v_0 = 250$ m/s et au sol, le *turboréacteur pur est pratiquement optimum*. Au sol et à $v_0 = 200$ m/s, les gains de η_g sont minimes par rapport aux machines à faible compression de l'exemple antérieur. Mais, à $11\,000^m$, ces gains sont très amplifiés et η_g atteint et dépasse 0,20, surclassant légèrement les motopropulseurs usuels de l'aviation actuelle. Toujours à cette altitude et à $v_0 = 250$ m/s, le réacteur pur (0,196) surclasse de 8 % le turbopropulseur et n'est surclassé que de 6,5 % par la combinaison optimum.

VI. De la discussion de ces exemples on peut retenir, pour orienter la technique de demain, que :

pour $v_0 > 700$ km/h, surtout en altitude, le turbopropulseur pur n'est guère supérieur au turboréacteur pur et tend à lui être inférieur si $v_0 > 900$ km/h;

la fraction de la puissance totale à assurer par l'hélice dans la combinaison *optimum* est largement variable avec les données d'espèces;

la supériorité de cette combinaison sur le turboréacteur pur s'atténue ou disparaît aux grandes vitesses ($v_0 > 900$ km/h), en même temps que celui-ci devient excellent, surtout en altitude, si sa compression est plus poussée sans que son rendement diminue trop, ce à quoi le *compresseur axialo-centrifuge* paraît prédestiné.

La suppression de l'hélice, de son réducteur et des étages inférieurs de la turbine, par l'économie de poids, d'encombrement et de prix qu'elle apporte, renforce ces conclusions favorables à une *évolution de la technique orientée vers le turboréacteur pur*.

M. **Robert Courrier**, faisant hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sur l'*Endocrinologie de la gestation*, où se trouvent exposés les différents problèmes qu'il a discutés dans son enseignement au Collège de France au cours des années 1941, 1942 et 1943, s'exprime en ces termes :

Nous étudions tout d'abord la mise en marche de la gravidité, l'œuf libre en développement, sa nidation et sa placentation. La survie de l'œuf libre et son implantation dans l'utérus nous mettent immédiatement en face du problème endocrinien. Nous nous heurtons au passage à des questions encore mystérieuses : celle de la grossesse extra-utérine et celle de la nidation différée.

Le placenta une fois formé, tous les éléments de l'endocrinologie gravidique sont en place. Il faut alors accumuler les faits d'ordres divers pour saisir la constitution de l'équilibre hormonal. Nous examinons successivement les transformations de certains organes pendant la gestation, les renseignements fournis par le dosage des hormones dans les humeurs et les tissus, les facteurs expérimentaux qui agissent sur l'évolution de la grossesse. L'analyse de ces facteurs est d'une haute importance; elle comprend l'étude de ceux qui interrompent la gestation, de ceux qui assurent son maintien, enfin de ceux qui sont capables de la prolonger.

Nous arrivons ainsi à démontrer que la régulation hormonale gravidique est assurée par le système hypophyse, corps jaune, placenta. Nous constatons que ce système subit des fluctuations à travers les espèces, et chez la même espèce aux différents âges de la grossesse.

Ces changements de l'équilibre endocrinien nous font aboutir au déterminisme de la parturition.

Nous envisageons, pour terminer, le problème de la traversée placentaire des hormones.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste d'Astronome titulaire vacant à l'Observatoire de Paris, pour la première ligne M. *Daniel Chalonge* obtient 25 suffrages contre 21 à M. *Nicolas Stoyko* et 1 à M. *Henri Mineur*.

Pour la seconde ligne M. *Nicolas Stoyko* obtient 38 suffrages contre 1 à M. *Henri Mineur*. Il y a 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Daniel Chalonge**.
En seconde ligne .... M. **Nicolas Stoyko**.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE ANALLAGMATIQUE. — *Un principe de traduction de propriétés géométriques de la droite et du cercle, en propriétés des séries de Villarceau d'une congruence paratactique.* Note de M. **Roger Pernet**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit CP une congruence paratactique; 2 séries Σ et Σ' de CP ont en commun 2 cercles C_1 et C_2 de CP. La présente Note a pour objet d'étudier la figure formée par 3 séries droites de CP ou quasi-triangle et de déduire, à la faveur des équivalences observées, de nouveaux résultats relatifs à certaines transformations représentant CP sur elle-même.

Angle d'une série oblique Σ et d'une série droite σ de CP. — Soient C_1 et C_2 les cercles de CP communs à Σ et σ, V leur angle de Villarceau et λ l'angle aigu sous lequel se coupent 2 cercles quelconques de Σ et de sa complémentaire Σ'. L'angle u est donné par la formule

$$\sin u = \operatorname{tang} V \cot \lambda.$$

De même, si W est l'angle aigu dont tourne la sphère contenant un cercle C' de Σ' pour passer de la position $(C'C_1)$ à $(C'C_2)$,

$$\cos W = \frac{\sqrt{\cos^2 V - \cos^2 \lambda}}{\sin \lambda};$$

W tend vers zéro avec V. D'où la notion de série droite *tangente* à une série oblique, comme limite d'une série sécante. Il est possible d'orienter une série et de parler de quasi-arc orienté. D'où la notion de série droite tangente orientée à une série oblique orientée.

Trilatère. — On appelle trilatère T l'ensemble de 3 séries droites de CP ne contenant pas toutes les trois un même anneau [1]. En même temps, on considère le trilatère associé T' déterminé par les anaxes [2] des 3 séries. Les séries droites *bissectrices* de T ont 3 à 3 un anneau commun et ce sont les *médiatrices* des quasi-côtés de T'. Les 6 anneaux représentant les quasi-milieux des quasi-côtés de T sont 3 à 3 sur 4 séries droites ayant pour anaxes les cercles des anneaux qui ont en commun 3 à 3 les *bissectrices* de T'. De même les 3 *hauteurs* de T ont en commun un anneau et sont aussi les *hauteurs* de T'. Les quasi-côtés de T rencontrent les quasi-côtés homologues de T' respectivement suivant 3 anneaux d'une même série droite dont les anaxes sont communs aux 3 hauteurs de T et T'. Plus généralement 3 séries droites *céviennes* ont leurs anaxes sur

(1) Un *anneau* est la figure formée par deux cercles harmoniques ou conjugués.

(2) On appelle *anaxe* un anneau dont les deux cercles sont considérés comme axes de rotations anallagmatiques.

une même série droite dont les anaxes constituent l'anneau commun aux céviennes.

Quasi-triangle. — En faisant choix d'un cercle dans chacun des anneaux formant les quasi-sommets de T et après orientation, on obtient un *quasi-triangle* T_1 dont on considère en même temps l'associé T'_1.

Soit t la cotangente de l'angle moitié de l'un des angles de T_1 et θ celle du quasi-côté opposé. Posons

$$\begin{aligned} a &= 1+t_1t_2+t_1t_3-t_2t_3, & \alpha &= 1+\theta_1\theta_2+\theta_1\theta_3-\theta_2\theta_3,\\ b &= 1+t_2t_3+t_2t_1-t_3t_1, \quad \text{et} & \beta &= 1+\theta_2\theta_3+\theta_2\theta_1-\theta_3\theta_1,\\ c &= 1+t_3t_1+t_3t_2-t_1t_2, & \gamma &= 1+\theta_3\theta_1+\theta_3\theta_2-\theta_1\theta_2,\\ d &= -1+t_1t_2+t_1t_3+t_2t_3 & \delta &= 1+\theta_1\theta_2+\theta_1\theta_3+\theta_2\theta_3. \end{aligned}$$

La considération simultanée de T_1 et T'_1 permet d'écrire

$$a\theta_1=b\theta_2=c\theta_3\left(=\frac{\cot\lambda}{\sin\frac{C_1}{2}\sin\frac{C_2}{2}\sin\frac{C_3}{2}}\right)(C_1,\ C_2,\ C_3 \text{ angles du quasi-triangle}),$$

$$\alpha t_1=\beta t_2=\gamma t_3\left(=\frac{\cot\lambda'}{\sin V_1\sin V_2\sin V_3}\right)(V_1,\ V_2,\ V_3 \text{ angles de Villarceau des quasi-côtés}),$$

d'où un système équivalent à un système de 3 relations indépendantes

$$a\,d\theta_1^2=bc,\qquad b\,d\theta_2^2=ac,\qquad c\,d\theta_3^2=ab.$$

On obtient aussi un système équivalent en permutant lettres romaines et grecques. Signalons entre les 6 éléments la relation remarquable

$$\frac{1}{1+\Sigma t_1t_2}+\frac{1}{1+\Sigma\theta_1\theta_2}=\frac{1}{2}.$$

Quasi-puissance. — On montre que dans CP le produit des cotangentes des angles de Villarceau déterminés par un cercle fixe et les cercles d'intersection d'une série oblique avec une série droite quelconque contenant I est constant. D'où la notion de quasi-puissance d'un cercle par rapport à une série oblique.

Quasi-homothétie. — Soit un cercle fixe I de CP et un nombre K. A tout cercle M de CP on fait correspondre un cercle M′ de manière : 1° que M, M′, I soient sur une même série droite; 2° qu'en désignant par θ la cotangente de l'angle de Villarceau du quasi-vecteur $\overrightarrow{IM}$ et θ' celle relative à $\overrightarrow{IM'}$ on ait $\theta'=K\theta$.

Quasi-inversion. — On définit de la même manière la quasi-inversion. Toute quasi-inversion est le produit d'une quasi-homothétie et d'une *association* ou quasi-inversion particulière remplaçant chaque cercle de CP par son conjugué; une telle transformation fait correspondre à une série de CP une autre série de CP. Elle conserve l'angle de 2 surfaces cerclées de CP ayant un cercle commun, mais non en général les autres propriétés anallagmatiques :

ainsi l'angle-rayon et l'angle superficiel d'une série oblique ne sont pas conservés, sauf dans le cas de l'association.

Il est clair qu'au point de vue angulaire les propriétés de la quasi-homothétie sont identiques.

Ces transformations jouent, pour l'étude des figures formées par les séries de CP, le même rôle que l'homothétie et l'inversion en géométrie plane et conduisent à des théorèmes analogues.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions entières de genre borné et à zéros réels et négatifs.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Nous avons déjà étudié [1] les suites de fonctions entières de genre au plus égal à un entier fixe p et ayant tous leurs zéros réels et négatifs. Nous nous proposons ici de donner des résultats généraux entraînant tous ceux de la Note citée et d'apporter à ceux-ci quelques précisions.

Nous poserons

$$f_n(z) = e^{c_0+c_1z+\ldots+c_pz^p}\prod\left(1+\frac{z}{\alpha_j}\right)e^{-\frac{z}{\alpha_j}+\ldots+(-1)^p\frac{z^p}{p\alpha_j^p}},$$

avec $c_q = a_q + ib_q$, les a_q, b_q et les α_j dépendant, bien entendu, de n.

Nous appellerons $\nu_n(t)$ le nombre de zéros de $f_n(z)$ de module $\leqq t$, E l'ensemble des points limites de zéros de $f_n(z)$, $-l$ l'abscisse maxima des points de E, $-$L la borne supérieure des zéros, et Π le domaine constitué par le plan privé du segment $[-\infty, -L]$ de l'axe réel.

$\varphi(n)$ sera une fonction positive de l'entier n.

I. (α) Si 1° la suite des fonctions μ_n définies par $\mu_n(t) = \nu_n(t)/\varphi(n)$ est vaguement convergente [2] vers une fonction limite μ.

2° A étant un nombre réel positif tel que μ soit continue pour $t = A$,

(a) $$\frac{1}{\varphi(n)}\left[c_0+\sum_{\alpha_j\leqq A}\log\frac{1}{\alpha_j}\right] \quad \text{a une limite} \quad C_0 = A_0 + iB_0,$$

(b) pour $q = 1, 2, \ldots, p$, $$\frac{1}{\varphi(n)}\left[c_q+\frac{(-1)^q}{q}\sum_{\alpha_j\leqq A}\frac{1}{\alpha_j^q}\right] \quad \text{a une limite} \quad C_q = A_q + iB_q,$$

(c) $$\frac{1}{\varphi(n)}\sum_{\alpha_j>A}\frac{1}{\alpha_j^{p+1}} \quad \text{a une limite} \quad k;$$

dans le domaine Π, la détermination de $1/\varphi(n)\log f_n(z)$ égale à $c_0/\varphi(n)$

[1] *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 225.

[2] Cf. *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 371.

pour $z = 0$, converge vers

$$(1)\quad U(z) + iV(z) = \int_{-0}^{A} \log(z+t)\,d\mu(t)$$
$$+\int_{A}^{+\infty} \left\{ \log\left(1+\frac{z}{t}\right) - \frac{z}{t} + \ldots + (-1)^p \frac{z^p}{pt^p} \right\} d\mu(t)$$
$$+ C_0 + C_1 z + \ldots + C_p z^p + \frac{(-1)^p}{p+1}\left[k - \int_{A}^{+\infty} \frac{d\mu(t)}{t^{p+1}}\right] z^{p+1},$$

où les logarithmes sont pris avec un coefficient de i de module $< \pi$.

Réciproquement, la convergence de la détermination considérée de

$$\frac{1}{\varphi(n)} \log f_n(z),$$

sur un ensemble de points ayant un point d'accumulation intérieur à Π, entraîne que la condition 1° soit satisfaite et que (a), (b), (c) le soient, quel que soit A réel, positif, tel que μ soit continue pour $t = A$, de sorte qu'il y a convergence partout dans Π.

La connaissance de la fonction limite, holomorphe dans Π, détermine la fonction μ et, en fonction de A, les constantes $C_0, \ldots, C_p$ et k. La fonction μ, nulle pour $t < 0$, et les constantes $B_0, \ldots, B_p$ sont déterminées simplement grâce à la formule

$$(2)\quad \lim_{y \to +0} V(-t+iy) = \pi \frac{\mu(t+0) + \mu(t-0)}{2} + \sum_{0}^{p} (-1)^q B_q t^q \ (^3);$$

$A_0, \ldots, A_p$ et k sont donnés ensuite par la formule (1).

(β) Si l'on a les mêmes conditions que ci-dessus, où (a) sera remplacé par

$$(a')\quad \frac{1}{\varphi(n)}\left[a_0 + \sum_{\alpha_j \leq A} \log \frac{1}{\alpha_j}\right] \quad \text{a une limite } A_0,$$

la fonction réelle $1/\varphi(n) \log|f_n(z)|$ converge en dehors de E vers une fonction harmonique $U(z)$ donnée par une formule (1′) qui se déduit de (1) en remplaçant C_0 par A_0. Cette formule définit en même temps, en dehors du segment $[-\infty, -l]$ de l'axe réel, une fonction $V(z)$ qui satisfait à une formule (2′) déduite de (2) en remplaçant B_0 par zéro.

Réciproquement, la convergence de $1/\varphi(n) \log|f_n(z)|$ dans un domaine disjoint de E entraîne que la condition 1° soit satisfaite et que (a'), (b) et (c) le soient quel que soit A réel, positif, tel que μ soit continue pour $t = A$, de sorte qu'il y a convergence partout en dehors de E. La connaissance de la

---

(3) Le terme $\sum_{0}^{p} (-1)^q B_q t^q$ a été oublié dans la Note citée au paragraphe I, A.

fonction limite détermine la fonction μ et les constantes A_0, C_1, ..., C_p et k. La fonction $V(z)$ est d'abord déterminée à une constante près, la formule (2′) donne B_1, ..., B_p, après quoi A_0, A_1, ..., A_p et k sont donnés par la formule (1′).

II. Nous ajouterons les observations suivantes :

(α) Si l'on suppose que c_0, c_1, ..., c_p sont réels, on voit que la convergence de $1/\varphi(n)\log|f_n(z)|$ dans un domaine ou sur un segment de l'axe réel disjoints de E, entraîne la convergence partout dans Π de la détermination réelle pour z réel positif de $1/\varphi(n)\log f_n(z)$.

Il en est de même de la convergence de $1/\varphi(n)\log|f_n(z)|$ sur un segment d'une demi-droite issue du point x_0 de l'axe réel et faisant avec Ox l'angle θ (de module $<\pi$) si $x_0 > -l$ et $|\theta| \neq m\pi/2r$ avec m entier impair et r entier $\leq p+1$, ou bien $x_0 = -l$ et $|\theta| < \pi/2(p+1)$.

$U(z)+iV(z)$ est la fonction holomorphe dans Π qui coïncide avec $U(z)$ pour z réel positif.

(β) Ceci vaut en particulier si les $f_n(z)$ sont des produits canoniques de genre p, mais dans ce cas la convergence de $1/\varphi(n)\log|f_n(z)|$ sur un segment d'une demi-droite issue de zéro entraîne la convergence de $1/\varphi(n)\log f_n(z)$ dans Π s'il n'existe pas d'entier impair m tel que

$$|\theta| = \frac{m\pi}{2(p+1)}, \qquad \text{si } l > 0,$$

ou tel que

$$\frac{m\pi}{2(p+1)} \leq |\theta| \leq m\frac{\pi}{2p}, \qquad \text{si } l = 0.$$

D'autre part, les conditions (a) et (b) se réduisent à la condition (b), prise seulement pour $q = p$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de fonctions univalentes.* Note [1] de M. **Aryeh Dvoretzky**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous nous occupons des fonctions

(1) $$f(x) = x + a_2x^2 + \ldots + a_nx^n + \ldots,$$

holomorphes et univalentes dans $|x| < 1$. On sait que, d'après M. Littlewood [2],

(2) $$\overline{\lim_{n=\infty}} \frac{|a_n|}{n} < e, \qquad \left[\text{ou même d'après Landau } \leq \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\right)e\right].$$

Le but de cette Note est de démontrer que, si la série (1) possède une certaine

(1) Séance du 5 novembre 1945.

(2) *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2e série, 23, 1925, pp. 481-519.

nature lacunaire, on a non seulement (2), mais aussi

(3) $$\lim_{n=\infty} \frac{a_n}{n} = 0.$$

Nous exigeons la notion de la *densité supérieure* d'une suite de nombres positifs croissants $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ que nous définissons égale à

$$\overline{\lim_{n=\infty}} \frac{n}{\lambda_n}.$$

Quand nous parlerons de la densité supérieure des coefficients différents de zéro dans (1) etc., il faudra se rapporter toujours à la suite des indices correspondants.

2. Voici le théorème que nous nous proposons de démontrer :

A tout $k \geqq 0$, on peut faire correspondre un $\delta_k > 0$, ayant la propriété suivante : toute série (1) *univalente dans $|x| < 1$, et telle, que la densité supérieure de ceux de ses coefficients qui sont plus grands en valeur absolue que k, ne dépasse pas δ_k, vérifie la relation* (3).

De même on peut arriver au résultat plus général :

A toute fonction positive $\psi(n)$ définie pour tous les $n \geqq 1$, vérifiant

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{n} \sum_{\nu=1}^{n} \frac{\psi(\nu)}{\nu} = 0,$$

on peut faire correspondre un $\delta_\psi > 0$, ayant la propriété que toute série (1) *univalente dans $|x| < 1$, dont la densité supérieure des coefficients a_n, plus grands en valeur absolue que le terme correspondant $\psi(n)$, ne dépasse pas δ_ψ, vérifie* (3).

Ces théorèmes sont vrais *uniformément* pour une famille F de série (1) univalentes dans $|x| < 1$, si les conditions des théorèmes ont lieu *uniformément* dans F.

On peut dire que les théorèmes que nous venons d'énoncer expriment que : si assez de coefficients a_n sont *petits*, tous les coefficients sont *petits* (pour n suffisamment grand).

3. Nous n'indiquons ici que la démonstration de la première proposition pour le cas $k = 0$ (la démonstration pour $k > 0$ étant pareille à celle pour $k = 0$.)

D'après un raisonnement dû à M. Littlewood, on a, pour $0 < r < 1$,

$$|a_n| r^n \leqq \int_0^r \max_{|x|=t} |f(x)| \frac{dt}{t},$$

d'où

(4) $$|a_n| r^n \leqq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{n} r^n.$$

D'autre part on peut démontrer le

Lemme. — *Soient* $c_n \geqq 0$ $(n = 1, 2, \ldots)$, *et soit* $\overline{\lim}\, c_n \leqq C$. *Alors, à tout*

$0 < \eta < 1$, *on peut faire correspondre un* $\Delta = \Delta(\eta) > 0$ *tel que, pour toute suite des entiers positifs croissants* λ_n *dont la densité supérieure ne dépasse pas* Δ, *on ait*

$$\overline{\lim_{r \to 1-0}} \frac{1-r}{r} \sum_{n=1}^{\infty} c_{\lambda_n} r^{\lambda_n} \leqq \eta c.$$

En choisissant $\eta < 1/e$ on voit que tout $\Delta(\eta)$ fourni par le lemme jouit des propriétés exigées de δ_0 dans le premier théorème.

En effet, en posant $c_n = |a_n|/n$ on a, d'après M. Littlewood, $C < e$, d'où, en vertu de (4) et du lemme,

$$|a_n| r^n < \eta \frac{r}{1-r}(1+\varepsilon_r)e,$$

où $\varepsilon_r \to 0$ quand $r \to 1-0$. En posant $r = 1 - 1/n$ on obtient

$$|a_n| < \eta \left(1 + \frac{1}{n-1}\right)^{n-1} n \left(1 + \varepsilon_{1-\frac{1}{n}}\right) e;$$

d'où

$$\overline{\lim}\, c_n = \overline{\lim} \frac{|a_n|}{n} \leqq \vartheta e, \qquad \text{avec } \vartheta = \eta e < 1.$$

Le même raisonnement appliqué une fois de plus donnera

$$\overline{\lim} \frac{|a_n|}{n} \leqq \vartheta^{\lambda} e.$$

Une application itérée de ce raisonnement fournira (3).

4. *Remarque.* — On peut obtenir des résultats analogues sur les coefficients des fonctions univalentes impaires ou, plus généralement, des fonctions univalentes symétriques d'ordre quelconque.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les divers types de corpuscules élémentaires.* Note de M. **Robert Murard.**

Si l'on admet les principes généraux qu'a posés M. J.-L. Destouches [1], à un corpuscule défini relativement à des procédés de morcellement donnés un observateur associe un élément de prévision (ou fonction d'ondes) X, qui est une fonction de point à plusieurs composantes; lors d'un changement de repère défini par une transformation de Lorentz, les éléments de prévision se transforment par la formule

$$X' = \mathbf{S}X.$$

La définition des opérateurs $\mathbf{S}$ sur l'espace des éléments de prévision constitue une représentation $\mathfrak{S}$ du groupe complet de Lorentz, dont on désigne par $\mathbf{T}_{ij}$, $\mathbf{T}_i$, $\mathbf{S}_{sy}$ les transformations élémentaires (rotations infinitésimales, transformations simples de Lorentz infinitésimales, symétrie).

(1) *Principes fondamentaux de Physique théorique*, Paris, 1942.

L'équation d'ondes d'un corpuscule est de la forme

$$\frac{\partial X}{\partial ct} = \mathbf{A}_1 \frac{\partial X}{\partial x} + \mathbf{A}_2 \frac{\partial X}{\partial y} + \mathbf{A}_3 \frac{\partial X}{\partial z} + \mathbf{C}X. \tag{1}$$

Les opérateurs $\mathbf{A}_i$, $\mathbf{C}$, $\mathbf{T}_{ij}$, $\mathbf{T}_i$, $\mathbf{S}_{sy}$ constituent les générateurs de l'*anneau fondamental du corpuscule*.

Pour un corpuscule libre, $\mathbf{A}_1$, $\mathbf{A}_2$, $\mathbf{A}_3$ et $\mathbf{C}$ sont des opérateurs indépendants du temps, des variables d'espace et des opérateurs de dérivation par rapport à ces variables; ils symbolisent donc des substitutions linéaires à coefficients constants. Ces opérateurs sont liés aux transformations élémentaires $\mathbf{T}_{ij}$, $\mathbf{T}_i$, $\mathbf{S}_{sy}$ par un système d'équations dit *système fondamental*; ces équations expriment l'invariance du système d'équations linéaires à coefficients constants (1) pour les transformations du groupe complet de Lorentz.

Dans le but d'éliminer certaines solutions parasites du système fondamental (solutions non physiquement distinctes d'autres plus simples), on est conduit à admettre les deux postulats suivants :

1° Les opérateurs associés aux diverses grandeurs physiques s'expriment en fonction du temps, des variables d'espace et des opérateurs de dérivation par rapport à ces variables, et des opérateurs de l'*anneau généralisé;* ce dernier est l'anneau complètement fermé le plus restreint comprenant tous les opérateurs de l'anneau fondamental.

2° Les opérateurs $\mathbf{T}_{ij}$, $\mathbf{T}_i$, $\mathbf{S}_{sy}$ appartiennent à l'*anneau restreint*; ce dernier est l'anneau complètement fermé le plus restreint comprenant les opérateurs $\mathbf{A}_1$, $\mathbf{A}_2$, $\mathbf{A}_3$, $\mathbf{C}$.

On démontre alors que tout corpuscule apparaît comme une *superposition* de corpuscules de divers types, cette notion de superposition traduisant l'ignorance de l'observateur sur les propriétés du corpuscule observé et l'éventualité que celui-ci possède telles ou telles propriétés. Il suffit de connaître les corpuscules de type déterminé; pour ceux-ci l'anneau fondamental est irréductible et la représentation $\mathcal{S}$ du groupe complet de Lorentz est ou bien irréductible, ou bien décomposée en représentations irréductibles identiques.

Il est possible de trouver la forme générale des relations (1) pour un corpuscule de type déterminé. On est conduit cependant à éliminer certaines solutions qui apparaissent comme des solutions étrangères, en admettant que l'opérateur de masse (dont les valeurs propres constituent les diverses masses propres du corpuscule) n'a aucune valeur propre nulle, ou tout au moins en admettant que le cas des valeurs propres nulles de l'opérateur de masse est un cas limite de celui des valeurs propres non nulles.

On trouve qu'à tout entier $q \geqq 0$ il est possible d'associer une solution du problème, caractérisée par la représentation $\mathcal{D}_{[q/2,(q+1)/2]}$ du groupe complet de Lorentz.

Mais, dans le cas où $q \neq 0$, la structure des éléments de prévision est la même que pour un système composé de deux parties auxquelles seraient associées respectivement les représentations $\mathcal{D}_{(q/2, 0)}$ et $\mathcal{D}_{[(q+1)/2, 0]}$; ces deux parties seraient d'ailleurs représentées par le même point de l'espace. La méthode indiquée permettant en quelque sorte de distinguer dans le corpuscule considéré deux parties, un corpuscule de ce type ne peut être considéré comme insécable par tout procédé de morcellement.

On arrive à la conclusion que les corpuscules élémentaires correspondent nécessairement à la valeur $q=0$; ce sont donc des corpuscules de spin $1/2$; ils sont par suite nécessairement du type de Dirac, ainsi que nous l'avons déjà indiqué ([2]).

D'après ce qui précède, les particules de spin 1 (photon, méson) ou 2 (graviton) ne peuvent être considérées comme des corpuscules élémentaires; il nous reste à indiquer comment la théorie générale rend compte de leurs propriétés.

Conclusion. — Il apparaît que les corpuscules élémentaires sont tous de spin $1/2$ et par suite du type de Dirac. D'ailleurs on montre que réciproquement tout corpuscule du type de Dirac peut être véritablement considéré comme élémentaire, dans le sens suivant : si un corpuscule $\mathcal{C}$, défini relativement à des procédés de morcellement $\mathcal{M}$, est du type de Dirac, il n'existe pas de procédés de morcellement $\mathcal{M}'$ plus fins que $\mathcal{M}$ et obéissant aux postulats de la théorie du morcellement, qui permettent de distinguer dans $\mathcal{C}$ des parties $\mathcal{C}'$ obéissant encore aux postulats de la théorie des corpuscules.

PHYSIQUE. — *Détermination, par la condition de* moindre imprécision, *du polynome du second degré représentant au mieux l'ensemble d'une courbe expérimentale.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué ([1]) qu'il y avait deux manières d'appliquer la méthode de la *moindre imprécision* à la détermination, au mieux, des coefficients d'une courbe expérimentale : ou bien on cherche pour eux-mêmes *chacun* de ces coefficients, indépendamment; ou bien on veut déterminer la loi prise dans son *ensemble*, l'incertitude devant se trouver réduite au minimum même aux points les plus défavorisés. Le problème a été résolu complètement dans ladite Note, dans le cas d'une loi linéaire; nous indiquions qu'il semblait inabordable dans les autres cas.

Nous allons montrer aujourd'hui que le problème peut être résolu et traiter le cas de la représentation par une loi du second degré (Ax^2+Bx+C). On admettra, pour préciser, un nombre impair $(2N+1)$ d'ordonnées expérimen-

---

([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 577-579.

([1]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 33.

tales distantes d'une unité. A, B, C sont donnés [2] par les trois relations

$$A = a_1(y_1 + y_{2N+1}) + a_2(y_2 + y_{2N}) + \ldots + a_N(y_N + y_{N+2}) + a_{N+1}y_{N+1},$$
$$B = b_1(y_1 - y_{2N+1}) + b_2(y_2 - y_{2N}) + \ldots + b_N(y_N - y_{N+2}),$$
$$C = c_1(y_1 + y_{2N+1}) + c_2(y_2 + y_{2N}) + \ldots + c_N(y_N + y_{N+2}) + c_{N+1}y_{N+1},$$

où les coefficiénts numériques a_i, b_i, c_i sont liés par

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} 2a_1 + 2a_2 + \ldots + 2a_N + a_{N+1} = 0, \\ N^2 a_1 + (N-1)^2 a_2 + \ldots + 4a_{N-1} + a_N = 1:2, \\ N b_1 + (N-1) b_2 + \ldots + 2b_{N-1} + b_N = -1:2, \\ 2c_1 + 2c_2 + \ldots + 2c_N + c_{N+1} = 1, \\ N^2 c_1 + (N-1)^2 c_2 + \ldots + 4c_{N-1} + c_N = 0. \end{cases}$$

Une ordonnée calculée se formule

$$(y) = \Sigma(a_i x^2 + b_i x + c_i)y_i + \Sigma(a_i x^2 - b_i x + c_i)y_{2N+2-i}.$$

Les ordonnées expérimentales sont ainsi multipliées par des coefficients dont nous considérerons d'abord les valeurs pour les ordonnées extrêmes. Nous poserons ainsi ($p_{N+1} \equiv q_{N+1}$),

$$a_i N^2 - b_i N + c_i = p_i, \qquad a_i N^2 + b_i N + c_i = q_i.$$

Nous en tirerons immédiatement

$$\text{(II)}\qquad a_i N^2 + c_i = (p_i + q_i):2;$$
$$\text{(III)}\qquad b_i = (q_i - p_i):2N.$$

En combinant (I), (II), (III) on trouve, en tout état de cause, entre les p_i et les q_i, les relations

$$\text{(IV)}\quad \begin{cases} N^2 p_1 + (N-1)^2 p_2 + \ldots + p_N + q_N + \ldots + (N-1)^2 q_2 + N^2 q_1 = N^2, \\ N p_1 + (N-1) p_2 + \ldots + p_N - q_N - \ldots - (N-1) q_2 - N q_1 = N, \\ p_1 + p_2 + \ldots + p_{N-1} + p_N + p_{N+1} + q_N + q_{N-1} + \ldots + q_2 + q_1 = 1. \end{cases}$$

Aux notations près, c'est exactement le même système que celui

$$\Sigma i^2 \alpha_i = N^2, \qquad \Sigma i \alpha_i = N, \qquad \Sigma \alpha_i = 1,$$

étudié dans une Note [3] antérieure. Ceci prouve que les p_i et les q_i, rangés dans l'ordre $p_1 p_2 \ldots p_{N-1} p_N p_{N+1} q_N q_{N-1} \ldots q_2 q_1$, sont les $(2N+1)$ α_i, solutions de ces équations : sous la réserve que les autres conditions (car il n'y a pas à considérer que les valeurs $\pm N$ de x) ne soient pas plus restrictives. Il faut, pour s'en assurer, rechercher si les autres coefficients des y_i, à savoir les divers $|a_i x^2 + b_i x + c_i|$, passent bien par des maxima pour la plus grande valeur μ des valeurs des $|p_i|$ ou $|q_i|$ trouvées en solution de (IV).

---

(2) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 568.
(3) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 289.

Désignons par v_j lesdits autres coefficients des y_i. Compte tenu des équations (I), (II), (III), ils peuvent s'exprimer en fonction de k d'entre eux que nous désignerons par $v_1 \ldots v_k$. Imposons donc aux v_j les conditions $v_j = \pm \mu$. Il en résulte pour $v_1 \ldots v_k$ un *domaine d'existence*, dont la détermination, élémentaire mais pénible, suppose la considération d'un grand nombre d'inégalités à k variables.

Nous n'avons étudié numériquement, comme bien assez compliqués, que les cas de 4, 5, 6, 7 ordonnées expérimentales. μ rend bien alors maxima les $v_1 \ldots v_k$. Nous admettrons comme vraisemblable la généralité de ce résultat. Ceci entraîne que les valeurs trouvées pour les p_i et les q_i, en se limitant au système simple (IV), seront considérées comme correctes.

En résumé, pour calculer, par la moindre imprécision, un polynome du second degré représentant au mieux un *ensemble* d'ordonnées expérimentales, on ne détermine pas complètement les coefficients constitutifs a_i, b_i, c_i. *Seuls* sont précisés les coefficients b_i et les combinaisons $(a_i N^2 + c_i)$, les a_i et les c_i, pris individuellement, n'étant déterminés qu'avec une certaine latitude.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Relations entre certaines grandeurs macroscopiques et moléculaires.* Note de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

En reprenant une image de l'état liquide donnée par M. Brillouin ([1]), dans laquelle on considère des particules à symétrie sphérique, avec une distance interparticulaire r_0 pour laquelle la force d'interaction $f(r)$ est nulle, et une distance minima r_1 d'impénétrabilité (correspondant à la zone répulsive), on peut calculer l'élément de force provenant de l'action d'une tranche de l'ensemble, de cote z et d'épaisseur dz, sur une particule dont la cote du centre est a. Si $\mathcal{N}$ est la densité particulaire moyenne et selon que la tranche z, dz est incomplète ou complète, c'est-à-dire coupe ou non la sphère de rayon r_1, l'élément de force est représenté par l'une ou l'autre des composantes portées par Oz

$$\Delta F_i = -2\pi \mathcal{N}(z-a)\mathcal{F}(r_1)\,dz,$$

$$\Delta F_c = -2\pi \mathcal{N}(z-a)\mathcal{F}(z-a)\,dz,$$

où

$$\mathcal{F}(r) = \int_r^\infty -f(r)\,dr.$$

Dans cet ensemble, la pression interne p_i est la résultante des actions de toutes les particules ayant leur centre au-dessus de 1^{cm^2} du plan $z = 0$ sur

([1]) *Ann. de Phys. et Chim.*, 8e série, **28**, 1913, pp. 48 et 567.

toutes les particules ayant leur centre en-dessous; elle a pour valeur

$$p_i = 2n\mathfrak{N}^2 \int_{r_1}^{\infty} \frac{r^3}{3} f(r)\,dr,$$

elle peut s'annuler et même changer de signe si r_1 vient à diminuer.

On peut admettre que le domaine d'impénétrabilité r_1 diminue si la température ou la pression totale $p = p_i + p_e$ (p_e étant la pression extérieure) augmentent et qu'il existe une relation $\Phi(r_1, p, 3RT/2N) = 0$ constituant pour l'ensemble une équation d'état écrite *sur le plan intérieur*.

En appelant μ et v la masse et le volume spécifiques, on peut démontrer directement que l'énergie de dispersion, par extraction de l'ensemble, des $\mathfrak{N}/\mu$ particules contenues dans 1^g est, moyennant certaines approximations, indépendante de la structure de la couche capillaire. Si JL est l'énergie de vapori sation et si l et v sont des indices se rapportant aux phases liquide et vapeur en présence, l'énergie de dispersion est

$$JD = JL - RT = p_{i_l} v_l - p_{i_v} v_v.$$

L'énergie nécessaire pour éloigner deux parties de l'ensemble, primitivement en contact suivant 1^{cm^2} de surface, laissant le vide entre elles et conservant une densité particulaire $\mathfrak{N}$ constante, est

$$W = 2n\mathfrak{N}^2 \int_{r_1}^{\infty} \frac{r^4}{8} f(r)\,dr.$$

La réorganisation des couches capillaires en densité et pression interne décroissantes (²) restitue une partie de l'énergie et l'on peut admettre que le travail superficiel réel est seulement $\gamma = W/\beta$. Il se trouve que dans les applications numériques c'est $\beta = 2$ qui semble convenir; γ représentant alors numériquement la tension superficielle.

En introduisant la fonction d'interaction $f(r)$ utilisée par de nombreux auteurs (³), mais écrite sous la forme

$$f(r) = a_k \frac{r^n - r_0^n}{r^k}$$

et en remarquant que les intégrales figurant dans les expressions de JD et de γ sont maxima pour $r_1 = r_0$, on a, déjà, avec une certaine approximation, dans le cas d'une phase liquide en présence du vide,

$$r_0 = \beta \frac{8}{3} \frac{(k-5-n)(k-5)}{(k-4-n)(k-4)} \frac{2\gamma}{\mu JD}.$$

(²) Y. Rocard, *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, **4**, 1933, p. 533.

(³) Lennard, Jones et Devonshire, *Proc. Roy. Soc.*, A, **163**, 1931, p. 53; A, **165**, 1938, p. 1; Hildebrand, Wakeham et Boyd, *J. Chem. Phys.*, **7**, 1939, p. 1094.

Il est remarquable en effet que l'expression $2\gamma/\mu JD$ ait les dimensions d'une longueur et soit toujours de l'ordre de quelques 10^{-8} cm.

On peut noter que les intégrations successives introduites dans les calculs conduisent à admettre que la fonction d'interaction $f(r)$ ne contient pas de terme décroissant moins vite que r^{-5}, ce qui est également visible sur l'expression de r_0 donnée ci-dessus, la quantité $k - 5 - n$ devant être positive.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Les champs électriques dans les génératrices électrostatiques à inducteurs chargés par ionisation.* Note [1] de M. **Pierre Jolivet.**

Il s'agit des génératrices à influence équipées, selon un montage déjà décrit, avec des inducteurs dont chacun comporte une armature recouverte d'isolant [2].

La surface externe de cet isolant se charge lors de l'ionisation intermittente de la couche gazeuse séparant l'inducteur du plateau isolant rotatif, ionisation produite par l'application momentanée d'une différence de potentiel suffisante entre l'armature et le peigne situé en face de cette armature. L'annulation ultérieure, par une liaison appropriée, de cette différence de potentiel, produit un champ électrique excitateur en regard du peigne, dans ladite couche gazeuse dont l'ionisation a cessé.

Ce champ est sensiblement normal à la surface du plateau, le couple résistant étant dû à l'inclinaison des lignes de force dans les régions situées en aval du peigne.

Lorsque l'ionisation de rechargement a été faite à la pression gazeuse actuelle, différentes expériences concordent pour montrer que la valeur du champ excitateur est voisine de celle du champ critique qui pourrait exister dans la couche gazeuse à la pression actuelle. Ce champ critique peut être connu par des essais préliminaires [3].

Sur la surface peignée du plateau il existe, en face des pointes du peigne, un autre champ électrique que l'on pourrait dénommer champ de transfert, parce qu'il entretient l'ionisation nécessaire à l'échange des charges entre les pointes et la surface isolante en mouvement.

A vitesse de rotation donnée et à champ excitateur constant, le champ de transfert dépend du gaz, de l'état du gaz, de la constitution du peigne et, dans une certaine mesure, de la tension entre les pôles de la génératrice.

Lorsque le champ de transfert peut être considéré comme normal à la surface du plateau, la différence : champ excitateur-champ de transfert, représente le champ qui existerait à la surface d'un conducteur chargé

---

(1) Séance du 12 novembre 1945.

(2) P. Jolivet, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 744.

(3) P. Jolivet, *ibid.*, **202**, 1936, p. 2051.

avec une densité égale à celle qu'ont les charges sur la surface du plateau rotatif.

La connaissance de ce dernier champ résulte de ce qu'il est proportionnel au courant de convection, c'est-à-dire à la somme du courant mesuré en aval des pôles et des fuites qui peuvent exister aux pôles et en amont des pôles.

Lors de l'augmentation de la pression d'un gaz donné, la diminution du rapport (champ de transfert-champ excitateur critique) est un fait à signaler en faveur de l'emploi des pressions gazeuses élevées comme milieu de fonctionnement des machines électrostatiques et grâce auquel le débit s'accroît notablement. D'autre part, à pression donnée, les changements de gaz essayés, propane, air ou azote, CO^2, donnent des résultats inattendus.

Le débit le plus faible est obtenu avec le propane, qui procure cependant le plus grand champ critique et par conséquent le plus grand champ excitateur après l'ionisation de rechargement, tandis que le débit le plus fort est obtenu avec CO^2, qui procure le plus faible champ critique.

Le rapport (champ de transfert-champ excitateur critique) a les valeurs moyennes suivantes pour des pressions comprises entre celle de l'atmosphère et quelques kg/cm^2 :

o,67 dans le propane, o,56 dans l'azote, o,35 dans le CO^2.

Ces faits révèlent la complexité des phénomènes dont il faut tenir compte pour le choix du milieu gazeux baignant la machine, compte tenu de la tension disruptive entre les peignes et dont dépend la puissance maximum.

Jusqu'à présent les meilleurs résultats ont été obtenus avec CO^2. C'est ainsi qu'avec ce gaz le débit, mesuré à la suite d'un rechargement par ionisation et avant de modifier la pression gazeuse, se trouve multiplié par 2,6 et la puissance maximum par 8 lorsque la pression, initialement égale à celle de l'atmosphère normale, augmente de 3 kg/cm^2.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Condensateur pour la mesure de la constante diélectrique d'un liquide.* Note de M. **Jean Benoit** et Mlle **Lucie Fouquet**, présentée par M. Aimé Cotton.

La réalisation du condensateur cylindrique décrit plus bas a eu pour but de rendre compatibles les conditions suivantes :

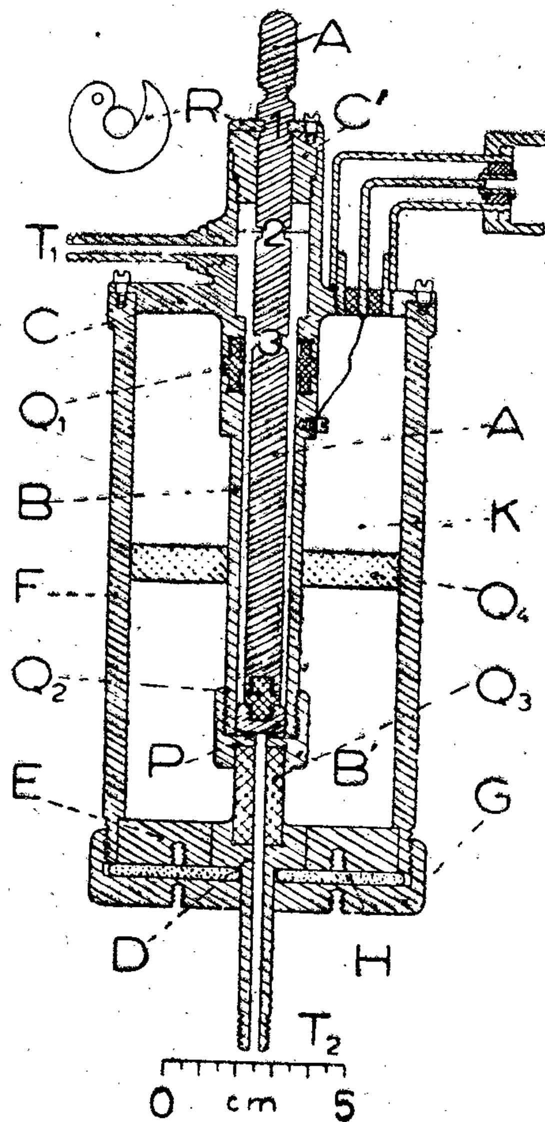
1° opérer sur un faible volume de liquide;

2° obtenir l'invariance de la capacité à vide en fonction de la température;

3° assurer au diélectrique une température homogène dans le condensateur;

4° éliminer, dans les mesures, les zones où les lignes de force du champ électrique ne sont pas radiales.

La deuxième condition a été satisfaite en choisissant comme matériaux



l'acier invar et le quartz; les autres sont remplies grâce au mode de construction que nous allons décrire.

Le condensateur, du type cylindrique, comporte une armature interne A, qui doit être reliée à la terre; elle coulisse dans le manchon C'. D'autre part le piston P guide l'extrémité de A dans le tube B, qui sert d'armature externe isolée de A, par les pièces de quartz Q_1 et Q_2 emmanchées à force en présence de ciment. Le bouchon vissé B' ferme l'extrémité inférieure du condensateur. Le bouchon C' ferme l'extrémité supérieure; il est muni d'une rondelle R, ayant une fente de forme convenable, qui vient se loger dans l'un des crans 1, 2 ou 3 de l'électrode A.

L'électrode B, portée à un potentiel alternatif de haute fréquence V, est entièrement protégée par l'ensemble du couvercle C, du tube F et des pièces E et D, toutes au même potentiel que A, R et C' (c'est-à-dire au potentiel du sol). Une rondelle de quartz Q_4 centre B par rapport à F.

On voit d'autre part que toutes les capacités parasites et celles où les lignes de force ne sont pas radiales restent les mêmes lorsque la rondelle R est engagée dans le cran 1, ou dans les crans 2 ou 3. Ces capacités parasites s'éliminent donc si l'on mesure la différence des capacités présentées par l'appareil avec deux positions successives de l'électrode A.

L'appareil est plongé dans un thermostat. Un couvercle G et un joint H en caoutchouc évitent toute rentrée d'eau dans l'enceinte K. Le liquide étudié est introduit ou évacué par les tubes T_1 et T_2 et remplit seulement l'espace ombré sur la figure. On peut le faire circuler du thermostat dans le condensateur à travers ces tubes, grâce à une très petite pompe en verre non figurée. Le liquide est donc à une température bien homogène par suite de l'agitation ainsi créée.

Finalement cet appareil permet d'opérer avec au maximum 12^{cm^3} de liquide dans le condensateur (il en faut en outre 36^{cm^3} dans la pompe si l'on désire faire une circulation). C'est le peu de différence de diamètre entre A et la paroi interne de B qui a rendu possible l'emploi d'un faible volume de liquide. Mais il s'ensuit que la capacité électrique est également faible (8,82 U. E. S. de différence entre les niveaux 1 et 3, dans le cas de l'air comme diélectrique). Aussi a-t-il fallu un travail mécanique très précis et un centrage rigoureux des pièces (par des portées convenablement disposées) pour que la définition et la mesure de cette capacité puissent avoir une précision relative élevée. Le travail mécanique a été réalisé à 1/100 de millimètre près.

Enfin il est bon de faire circuler, dans l'enceinte K, de l'air venant d'un serpentin plongé dans le thermostat. L'équilibre de température de tout l'appareil est ainsi plus rapide et plus sûr.

Ce condensateur permet de faire des mesures de constantes diélectriques avec une précision relative de 1/1000 en vue de la détermination des moments polaires des liquides. En général nous l'utilisons pour des mesures relatives, en prenant comme étalon du benzène pur. Mais il permet également des mesures absolues, car sa capacité est facilement calculable à partir de ses dimensions géométriques.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Effet d'un faisceau électronique sur les fréquences propres d'une cavité électromagnétique*. Note [1] de M. **Théo Kahan**.

Soit une cavité électromagnétique à parois parfaitement conductrices remplie d'un diélectrique et excitée par un faisceau électronique de courant i et de densité ρ. Je me propose d'étudier l'effet de ce courant électronique sur les fréquences propres de la cavité.

Les équations de Maxwell correspondantes s'écriront

$$\text{rot}\,E = -\mu\frac{\partial H}{\partial t}, \tag{1}$$

$$\text{rot}\,H = \varepsilon\frac{\partial i}{\partial t} + i, \tag{2}$$

$$\varepsilon\,\text{div}\,E = \rho, \qquad \text{div}\,H = 0. \tag{3}$$

[1] Séance du 22 octobre 1945.

On en déduit aisément pour le champ électrique E l'équation aux dérivées partielles

(4) $$\Delta E - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \mu \frac{\partial i}{\partial t} + \frac{1}{\varepsilon}\operatorname{grad}\rho,$$

où, comme les champs, les courants et les densités sont censées varier suivant la loi $\exp j\omega t$,

(5) $$\Delta E + \omega^2 \varepsilon\mu t = j\omega\mu i + \frac{1}{\varepsilon}\operatorname{grad}\rho = \Psi(q_1, q_2, q_3),$$

où j'ai posé

$$j\omega\mu i + \frac{1}{\varepsilon}\operatorname{grad}\rho = \Psi = \text{fonction des coordonnées générales } q_1, q_2, q_3.$$

En posant $k^2 = \omega^2 \mu\varepsilon$, on aura

(6) $$\Delta E + k^2 E = \Psi(q_1, q_2, q_3).$$

Or, suivant une méthode classique en Mécanique ondulatoire, je puis développer les fonctions E et Ψ suivant les fonctions propres des oscillations libres $E(n_1, n_2, n_3)$ de la cavité résonnante, oscillations qui obéissent à l'équation

(7) $$\Delta E(n_1, n_2, n_3) + k_0^2(n_1, n_2, n_3)E(n_1, n_2, n_3) = 0,$$

avec

(8) $$k_0^2(n_1, n_2, n_3) = \omega_0^2(n_1, n_2, n_3)\varepsilon\mu,$$

$\omega_0(n_1, n_2, n_3)$ étant les fréquences propres de la cavité caractérisées par les entiers n_1, n_2, n_3.

La différence entre k^2 et $k_0^2(n_1, n_2, n_3)$ est due précisément au changement de fréquence propre provoqué par le passage du faisceau électronique.

Les $E(n_1 n_2 n_3)$ forment un système orthogonal complet, normé par hypothèse,

(8) $$\int_V E(n_1, n_2, n_3)E^*(n_1, n_2, n_3) = \int_V |E(n_1, n_2, n_3)|^2 \, dV = 1,$$

(9) $$\int_V E(n_1, n_2, n_3)E^*(m_1, m_2, m_3)\, dV = 0 \qquad (n_1, n_2, n_3 \neq m_1, m_2, m_3),$$

$E(n_1, n_2, n_3)$, $E(m_1, m_2, m_3)$ étant les fonctions propres correspondant aux valeurs propres $k^2(n_1, n_2, n_3)$, $k^2(m_1, m_2, m_3)$ dans le volume V.

Je puis maintenant développer la fonction d'excitation Ψ et les champs E en série de fonctions orthogonales

(10) $$\Psi = \sum_l \psi_l E_l,$$

avec

(11) $$\psi_l = \int_V \Psi E_l \, dV,$$

et

(12) $$E = \sum_l e_l E_l$$

avec

(13) $$e_l = \int_V E E_l \, dV,$$

où je pose pour abréger $l = (n_1, n_2, n_3)$.

Ceci posé, je tire de (10), de (11) et de (6)

(14) $$\sum_l e_l \Delta E_l + \sum_l e_l k^2 E_l = \sum_l \psi_l E_l,$$

(15) $$k^2 - k_{0l}^2 = \frac{\psi_l}{e_l}.$$

Si le couplage faisceau-cavité est faible, on aura sensiblement

$$k = k_{0l} + \delta k, \qquad k^2 = k_{0l}^2 + 2 k_{0l} \delta k,$$

d'où l'on tire

$$\delta k = \frac{k^2 - k_{0l}^2}{2 k_{0l}} = \frac{1}{2 k_{0l}} \frac{\psi_l}{e_l} = \frac{\int \Psi E_l \, dV}{2 k_{0l} \int E E_l \, dV}.$$

Or, si $\delta k \ll k_{0l}^2$,

$$E \cong E_l \qquad \text{et} \qquad \delta k = \frac{\int \Psi E_l \, dV}{2 k_{0l} \int E_l^2 \, dV} = \frac{1}{2 k_{0l}} \int \Psi E_l \, dV$$

en vertu de (8). Or, par définition,

$$\Psi = j \omega \mu i + \frac{1}{\varepsilon} \operatorname{grad} \rho,$$

où i et $\operatorname{grad} \rho$ sont également développables en série de fonctions orthogonales E_l.

$$i = \sum_l i_l E_l,$$

$$\operatorname{grad} \rho = \sum_l \rho_l E_l.$$

On obtient donc finalement ($k = 2\pi/\lambda$)

$$\delta k = -\frac{2\pi \, \delta\lambda}{\lambda^2} = \frac{j \omega_{0l} \mu}{2 k_{0l}} \int E_l i \, dV + \frac{1}{2 k_{0l}} \int E_l \operatorname{grad} \rho \, dV$$

$$= \frac{j \omega_{0l} \mu}{2 k_{0l}} i_l + \frac{1}{2 k_{0l}} \rho_l = \frac{j}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \, i_l + \frac{\rho_l}{2 k_{0l}}.$$

Telle est la variation de longueur d'onde propre $\delta\lambda$ due au passage du faisceau électronique excitateur.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'étude des multivibrateurs utilisant deux lampes triodes.* Note de M. **Jean Queffelec**, présentée par M. Camille Gutton.

1. Nous avons indiqué (1) que des hypothèses bien légitimes sur le fonctionnement des lampes permettaient une étude simple et pratique de l'oscillateur à réaction.

Ces hypothèses reviennent à admettre que les valeurs instantanées du courant plaque i_p et des tensions plaque v_p et grille v_g vérifient les équations

$$(1) \quad \begin{cases} R_i \times i_p = v_p + \mu v_g + v_0 & \text{si} \quad v_p + \mu v_g + U_0 \geqq 0, \\ R_i \times i_p = 0 & \text{si} \quad v_p + \mu v_g + U_0 \leqq 0, \end{cases}$$

tant que v_p est positif et supérieur à v_g.

Ces mêmes hypothèses, et l'assimilation de l'espace filament-grille à une résistance chaque fois que v_g est positif, permettent de définir une méthode d'étude des multivibrateurs.

2. Les multivibrateurs étudiés ne doivent pas comporter de self, c'est-à-dire que les cofficients L/R des circuits doivent être négligeables.

Les intensités peuvent ainsi varier considérablement en un temps extrêmement court, pendant lequel les charges des capacités ne varient pas. Les capacités se comportent, pendant cette brève durée, comme des générateurs de courant continu.

3. Un montage électrique alimenté par des tensions continues n'engendre normalement que des courants continus. Un tel montage peut en ce cas être considéré comme stable, puisque la valeur des tensions et des intensités ne varie pas dans le temps. Dans un tel système les capacités ne jouent aucun rôle dans la répartition des tensions et des intensités.

4. Les équations (1) indiquent que i_p est fonction de v_g. Analytiquement v_g peut aussi être considéré comme fonction de i_p. Physiquement ceci n'a aucun sens; nous savons que le courant de plaque est sans action sur le potentiel de grille, c'est ainsi que, quand i_p est nul, v_g est indéterminé.

Cette remarque est fondamentale pour l'étude physique de la stabilité.

5. Nous utilisons comme paramètres de calcul les intensités de plaque des deux lampes. L'étude comporte les opérations suivantes :

a. Nous supposons les capacités enlevées et nous calculons alors les valeurs des deux paramètres. Ce calcul est simple, puisque les équations utilisées sont linéaires [équations (1) et équations de Kirchhoff]. Cependant il peut donner plusieurs solutions puisque, les intensités de la plaque étant les coordonnées, les équations (1) se représentent par deux demi-droites. Chaque solution est examinée comme suit :

---

(1) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 449; *ibid.*, **220**, 1945, p. 194.

b. Les capacités remises en place sont supposées chargées de manière à ne pas troubler la distribution des tensions. Les équations du montage, réécrites en tenant compte de la présence des capacités considérées comme des générateurs de courant continu (voir § 2), se traduisent analytiquement par deux lignes brisées, passant toutes deux par le point étudié.

c. Pour qu'il y ait oscillations de relaxation, il faut qu'un petit écart des intensités entraîne une variation brusque de ces intensités. Un raisonnement physique simple indique quelle doit être la disposition des lignes brisées pour qu'il en soit ainsi.

d. Les lignes brisées indiquent en ce cas quel sera le régime stable qu'adoptera le montage. Mais ce nouveau régime comporte des courants de décharge. Sa stabilité n'est donc qu'instantanée.

e. Par suite des courants de charge ou de décharge, les paramètres subiront une variation lente jusqu'à ce que le système soit à nouveau instable.

f. Le fonctionnement du multivibrateur se déduit de ces considérations. Il ne reste plus qu'à calculer les durées de charge ou de décharge des condensateurs. Nous avons ainsi établi une théorie du multivibrateur.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Recherche d'un élargissement par réflexion des raies d'émission*. Note de MM. **Jean Roig** et **Jean Gobert**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. La réflexion de la lumière à la surface de séparation de deux milieux met en jeu les particules élémentaires de la matière : pour des miroirs métalliques, il s'agit d'électrons libres; pour une substance transparente, des électrons liés aux molécules. Ces particules fonctionnent comme des sources lumineuses secondaires et sont soumises à l'agitation thermique; on peut se demander si leur mouvement ne provoque pas, par effet Doppler, un élargissement de la radiation réfléchie.

Rocard et Rothschild (1) ont recherché cet effet sur des miroirs argentés; nous avons répété l'expérience en utilisant des réflexions multiples sur des lames semi-argentées (2). *Le résultat a été négatif*. Toutefois les électrons libres, qui n'obéissent pas à la statistique de Boltzmann, ne présentent pas le même mouvement thermique que les atomes. Au contraire les électrons liés sont nécessairement entraînés par eux. Nous avons donc repris les mesures en utilisant la réflexion à la surface de séparation de l'air et du verre. Pour augmenter l'importance de l'effet à mesurer, nous avons fait subir à la lumière (raie rouge du cadmium) 25 réflexions totales successives à l'intérieur d'une lame de verre à faces planes et parallèles.

(1) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 313.
(2) Roig, *Revue d'Optique*, **17**, 1938, p. 424.

Nous avons analysé avec un échelon de Michelson la lumière ainsi obtenue et la lumière directement transmise par la source. Les mesures photométriques ont montré que *les franges obtenues dans les deux cas sont identiques.*

L'expérience n'indique aucun élargissement des raies par réflexion.

II. *Résultats des mesures.* — Les deux figures d'interférences à comparer ont été posées pendant le même temps. Il fallait pour cela affaiblir la lumière directe de la source. Un secteur tournant donnait sur la plaque des plages d'étalonnage. Les clichés étaient dépouillés au microphotomètre enregistreur de Chalonge et Lambert. Nous appellerons x les abscisses en millimètres, lues sur les photogrammes, I l'éclairement en un point de la plaque; nous prenons pour unité l'éclairement d'un maximum et pour origine l'abscisse de ce maximum. L'erreur des mesures photométriques est 2 à 3 % de l'éclairement maximum.

Le tableau suivant donne les résultats des mesures; I_1 concerne la lumière directe, I_2 la lumière 25 fois réfléchie. La distribution lumineuse est assez bien représentée par une formule du type $I_3 = e^{-x^2/p^2}$. Nous avons choisi p de manière que, pour $I = 1/2$, le point calculé se trouve sur la courbe expérimentale moyenne.

x (mm.)	0	4,2	5,7	6,5	7,2	9,0	11,5	14,5
I_1	1	0,870	0,790	0,750	0,665	0,545	0,388	0,277
x (mm.)	0	3,2	5,0	6,5	8,2	9,5	11,5	14,2
I_2	1	0,930	0,835	0,703	0,595	0,500	0,425	0,304
x (mm.)	0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	
I_3	1	0,885	0,760	0,625	0,465	0,333	0,227	

Les courbes I_1 et I_2 sont pratiquement confondues; la courbe I_3 représente assez bien la courbe expérimentale moyenne et ne s'en écarte qu'aux faibles intensités.

On pourrait constater sans difficulté un élargissement des franges qui se traduirait par une variation relative de la demi-largeur β égale à $\Delta\beta/\beta = 1/20$. Le domaine spectral compris entre deux franges successives est $\Delta\lambda = 0{,}760$ Å. La demi-largeur β (distance des abscisses correspondant à $I = 1$ et $I = 0{,}5$) est ici 1/20 de frange. L'élargissement $\Delta\beta$ d'une frange, mesuré dans l'échelle des longueurs d'onde, est donc, après 25 réflexions successives de la lumière incidente, inférieure à 0,002 Å.

Nous avons calculé la limite supérieure qui en résulte pour l'élargissement, au cours d'une seule réflexion, d'une raie parfaitement monochromatique. La demi-largeur, ainsi calculée pour $\lambda = 6438$ Å, est inférieure à 0,0025 Å. Rappelons d'autre part que des mesures de M. Cabannes ont montré que la réflexion ne modifie pas la position du maximum d'une raie à 0,001 Å près (³).

(³) JEAN CABANNES, *La diffusion moléculaire de la lumière* (*Recueil des Conférences-rapports*, p. 84).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage des traces de molybdène et de tungstène dans les minerais et les minéraux.* Note de M. **Marcel Orliac**, présentée par M. Charles Mauguin.

I. Molybdène. — *Réaction colorimétrique.* — On sait que, en solution chlorhydrique et en présence d'un réducteur tel que le chlorure stanneux, l'anion molybdique donne, avec le sulfocyanure d'ammonium, un composé soluble rouge sang, $Mo(SCN)^6(NH^4)^3$. Nous avons constaté que cette réaction satisfait aux conditions d'un dosage colorimétrique.

Une cellule photoémissive, éclairée en lumière bleue, nous a permis d'atteindre pour limite de sensibilité $0^{mg},2$ de molybdène par litre de solution.

L'opacité augmente dans les minutes qui suivent l'addition du réactif colorimétrique. Le maximum est atteint au bout d'un temps d'autant plus court que la concentration est plus forte (1 à 6 minutes pour des teneurs comprises entre 60 et 1 mg/litre). Ce maximum, facilement repérable, reste stable d'autant plus longtemps que la concentration est plus faible.

Les écarts extrêmes enregistrés dans la région de sensibilité maximum sont à la limite de précision de notre colorimètre (2 %).

A concentration égale, l'opacité reste pratiquement maximum pour des solutions dont l'acidité est provoquée par 10 à 40^{cm^3} HCl concentré par litre.

Application aux minerais. — 1^g de minerai finement pulvérisé est fondu dans un creuset couvert en nickel avec 4^g d'un mélange à parties égales de CO^3K^2 et CO^3Na^2. Après refroidissement, on reprend par l'eau, on filtre, on neutralise par HCl et l'on fait bouillir pour chasser CO^2. On ajoute 2^{cm^3} de HCl concentré et l'on complète à 100^{cm^3} avec de l'eau.

A 50^{cm^3} de cette liqueur, on ajoute 1^{cm^3} de solution saturée de $SCN(NH^4)$, puis 1^{cm^3} de solution de Cl^2Sn (15^g de Cl^2Sn, $2H^2O$ et 35^{cm^3} de HCl concentré étendus à 200^{cm^3} avec de l'eau). On verse immédiatement dans la cuve photométrique; l'aiguille du microampèremètre se déplace lentement, pour se fixer à une valeur bien déterminée que l'on repère. L'appareil a été préalablement étalonné à partir de solutions à teneurs connues en Mo.

Les écarts notés à partir d'un même minerai ne dépassent pas 7 % et tiennent à des défauts de mise en solution. La durée d'un dosage isolé est de 45 à 50 minutes; avec une prise d'essai de 1^g la limite de sensibilité est de l'ordre de 20^g à la tonne.

II. Tungstène. — *Réaction colorimétrique.* — Les réactions connues pour le tungstène sont relativement peu stables et sensibles. La suivante nous a été suggérée par l'étude précédente sur le molybdène. En milieu acide chlorhydrique concentré, le tungstène donne, avec le même réactif, une coloration jaunâtre, encore visible sous une épaisseur de 15^{cm} avec des solutions contenant $0^{mg},5$ de tungstène par litre. La coloration s'intensifie lentement avec le temps.

Le maximum d'opacité est obtenu par addition de 30^{cm^3} HCl à 40^{cm^3} de solution. Aux faibles acidités la solution reste incolore, ce qui permet de doser *le molybdène en présence du tungstène.*

Application aux minerais et minéraux. — Deux procédés peuvent être utilisés suivant la nature des minéraux :

1° *Fusion du minerai.* — On fond 1^{g} de minerai finement pulvérisé avec 4^{g} d'un mélange à parties égales de CO^3K^2 et CO^3Na^2. On reprend par l'eau, on filtre. A la solution on ajoute 10^{mg} d'arsenic sous forme de AsO^4Na^2H, puis on réacidifie légèrement par NO^3H. L'arsenic permet d'entraîner tout le tungstène : on les précipite simultanément sous forme d'arséniate et de tungstate de plomb par une solution concentrée de nitrate de plomb. On fait bouillir, on filtre, on lave, on reprend le précipité par 30$^{cm^3}$ HCL et 10$^{cm^3}$ d'eau.

L'arsenic pourrait précipiter par action du sulfocyanure d'ammonium en milieu acide; on le sépare sur filtre à grain serré après avoir traité la solution tiède par un courant de H^2S pendant 20 minutes. On refroidit et l'on ajoute successivement 1$^{cm^3}$ de solution de Cl^2Sn et 1$^{cm^3}$ de solution saturée de SCN (NH^4).

La solution versée dans des tubes colorimétriques est comparée sous l'épaisseur commune de 15 à 20^{cm}, avec des solutions étalons soumises, en même temps, au réactif colorant.

2° *Désagrégation par l'acide fluorhydrique* (Roches silicatées). — Dans une capsule en platine ou en plomb, on traite 1^{g} de matière finement pulvérisée avec 5$^{cm^3}$ de HF et 5$^{cm^3}$ de HCl concentré. On évapore à sec, on reprend le résidu par 20$^{cm^3}$ de HCl concentré et l'on filtre sur filtre serré. On lave le filtre avec 10$^{cm^3}$ de HCl concentré, puis avec 10$^{cm^3}$ d'eau.

S'il y a lieu, on précipite l'arsenic par H^2S.

La durée du dosage est de 1 heure 15 minutes. De faibles quantités de molybdène ne gênent pas la réaction colorimétrique; si ce métal devient gênant, on le précipite par H^2S. Une prise d'essai de 1^{g} permet, par les deux procédés, de doser le tungstène dans les minéraux qui en renferment au moins 20^{g} par tonne.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les limites d'inflammabilité des mélanges d'oxyde de méthyle et d'air.* Note de MM. **Guy Pannetier** et **Paul Laffitte**.

Nous avons étudié les limites d'inflammabilité des mélanges d'air et d'éther méthylique à la pression atmosphérique, pour lesquels aucune détermination expérimentale n'a été publiée. Nous avons opéré par la même méthode que celle qui nous a servi pour les mélanges avec l'oxygène [1].

Limites inférieures. — Les flammes sont identiques à celles que l'on observe avec l'oxygène et l'on retrouve les mêmes phénomènes que dans ce cas. Quand on fait progressivement décroître la concentration en éther, on trouve d'abord une zone dans laquelle le mélange s'enflamme toujours, qu'il y ait déjà eu ou non une première inflammation dans le tube. Puis, au-dessous d'une certaine limite L_2, il existe une zone assez étroite au-dessous de laquelle (et jusqu'à une limite L_1) le mélange ne s'enflamme que si l'on a au préalable réalisé l'opération suivante : on introduit le mélange dans le tube, où l'on a fait au préalable un vide de 10^{-4} mm; on y fait jaillir l'étincelle (qui ne produit pas d'inflammation); on fait le vide dans le tube jusqu'à une pression de 10^{-2} à 10^{-3} mm; enfin on introduit un mélange identique à celui qui ne s'était pas enflammé et l'on y fait

(1) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 553.

jaillir l'étincelle qui, cette fois, produit l'inflammation. Là encore, et pour les mêmes raisons que dans le cas de l'air, c'est l'eau formée lorsqu'on fait jaillir l'étincelle dans le mélange non inflammable qui, adsorbée par les parois du tube, permet ensuite l'inflammation dans la dernière partie de l'opération. Au-dessous de la limite L_1 les mélanges sont toujours ininflammables.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs observées pour les limites L_1 et L_2 [% de $(CH^3)^2O$] à la température de 24°C. :

Diamètre du tube (mm.).	Propagation ascendante.			Propagation descendante.		
	L_1.	L_2.	L_3.	L_1.	L_2.	L_3.
10	4,76	5,57	6,1	4,69	5,48	–
15	4,52	5,08	5,90	4,48	5,00	5,85
20	4,23	4,65	5,7	4,16	4,57	5,80
25	3,99	4,26	5,30	3,93	4,21	5,20

Ces résultats sont parfaitement reproductibles dans les conditions précitées et si les essais se succèdent dans le tube à la cadence de trois ou quatre par heure. Mais, si le tube n'a pas servi depuis un certain temps, il faut, pour enflammer le mélange à coup sûr, utiliser des mélanges dont la concentration en éther est supérieure à celle de la limite L_2. On obtient ainsi une limite L_3 donnée par le tableau précédent.

Limites supérieures. — Les flammes ont la même forme qu'avec l'oxygène, mais elles émettent une lueur verte d'autant moins foncée que le diamètre du tube est plus grand. Contrairement à ce qui a lieu avec l'oxygène, les limites sont les mêmes, que le tube vienne d'être le siège d'une flamme ou n'ait pas servi depuis quelques jours. Avec les tubes de diamètre inférieur à 20^{mm}, les résultats sont parfaitement reproductibles. Mais, au-dessus de ce dernier diamètre, et pour la propagation ascendante seulement, on observe de faibles divergences; il y a donc une légère indécision sur la valeur de la limite. Les valeurs obtenues pour cette limite supérieure L' sont données par le tableau suivant :

Diamètre du tube (mm.).	Propagation ascendante.	Propagation descendante.
	L'.	L'.
10	11,2	11,0
15	12,4	12,0
20	14,0 à 14,3	12,4
25	16,4 à 16,6	14,6

On voit que, pour les tubes de 20 et 25^{mm}, il existe une différence relati-

vement importante entre les deux valeurs de la limite supérieure pour un même tube suivant le sens de la propagation. Or, pour ces diamètres et en propagation descendante, la flamme a un régime oscillant. C'est au moment où se termine son premier retour vers l'arrière et où elle va repartir en avant qu'elle s'éteint. La différence entre les deux valeurs de la limite ne peut être due qu'à ce fait, car, jusqu'à des valeurs de la concentration très voisines de celles de la limite en propagation ascendante, on réussit bien à enflammer le mélange, mais la flamme ne se propage pas et s'éteint au moment de son retour vers l'avant.

Si l'on calcule la limite supérieure d'après les résultats expérimentaux obtenus avec l'oxygène, comme l'a fait von Meyer [2], on trouve des valeurs beaucoup trop élevées, ce qui montre que, dans la combustion de l'éther méthylique dans l'air, l'azote ne joue pas seulement un rôle de gaz diluant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Émission d'oxyde de carbone par action du chlorure d'aluminium sur les chlorures et anhydride interne d'acides mésodihydroanthracènecarboxyliques. Préparation de l'acide mésoanthracènecarboxylique et de son ester méthylique.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Jean Rigaudy**, transmise par M. Marcel Delépine.

En vue d'éclairer certaines anomalies de la réaction de Friedel et Crafts dans la série des acides mésodihydroanthracènecarboxyliques, nous avons fait réagir le chlorure d'aluminium seul sur les chlorures des deux acides dihydroanthracènedicarboxyliques, *cis* (I) et *trans* (II), [2], sur le chlorure-ester *cis* (III), [3], sur l'anhydride transannulaire (IV), [4], et enfin sur le chlorure de l'acide dihydroanthracènemonocarboxylique (V), décrit à cette occasion.

Dans tous les cas il se produit à froid, en CS^2, une vive action, avec dégagement d'oxyde de carbone. Le résultat revient à une décarboxylation, doublée d'une déshydrogénation, qui ramène la molécule au type anthracénique. Il se forme ainsi : à partir des chlorures des diacides, l'acide anthracènecarboxylique (VI); à partir du chlorure-ester, l'ester (VII); à partir de l'anhydride, l'acide (VI), mélangé d'anthracène, et, à partir du chlorure du monoacide, de l'anthracène.

Les rendements, toujours élevés, atteignent parfois jusqu'à 90 %, et nous avons trouvé ainsi, sans la chercher, une méthode avantageuse de

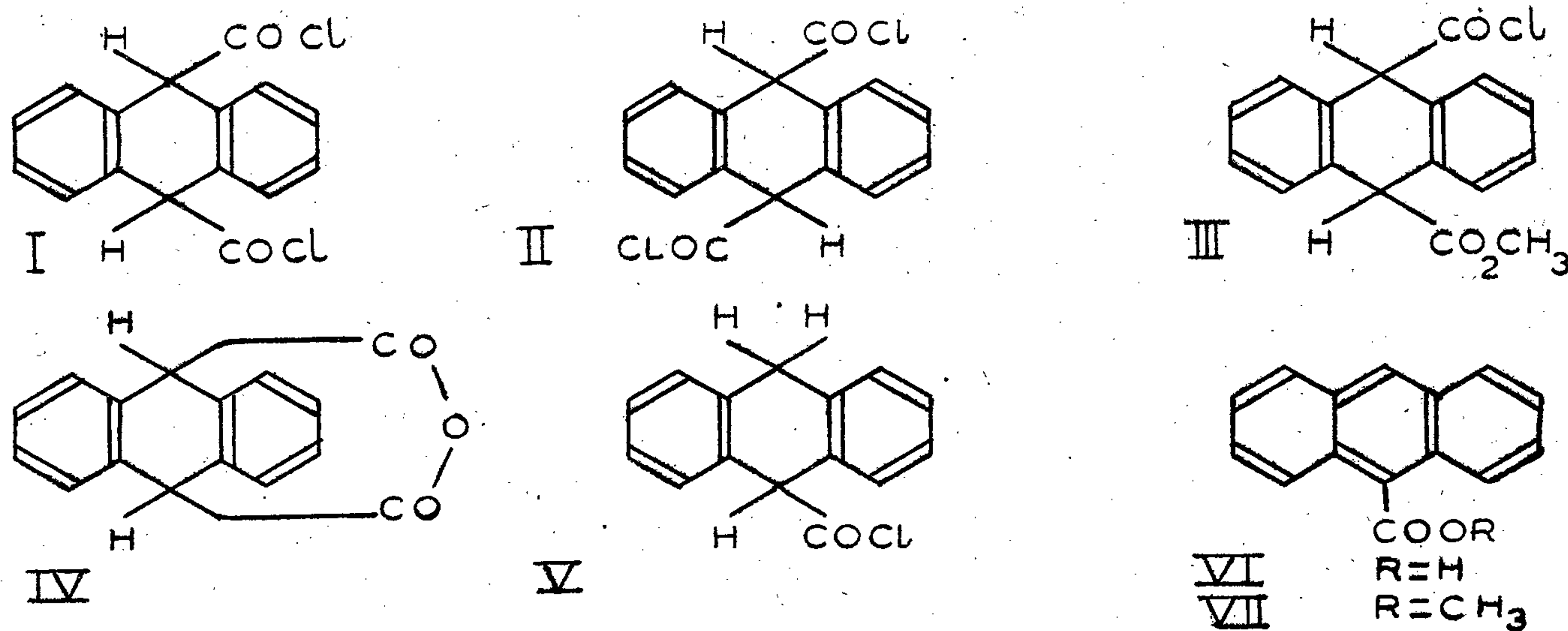
---

(2) *J. prakt. Chem.*, **10**, 1874, p. 273.

(1) Séance du 9 juillet 1945.
(2) J. Mathieu, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 555.
(3) J. Mathieu, *ibid.*, **219**, 1644, p. 684.
(4) J. Mathieu, *ibid.*, **219**, 1944, p. 620.

préparation de l'acide anthracènecarboxylique, (VI), et de son ester, (VII), bien plus faciles à obtenir par cette voie que par les anciens procédés.

L'émission d'oxyde de carbone par le réactif de Friedel et Crafts sur les chlorures et anhydrides d'acides n'a été qu'assez rarement signalée,



et les exemples décrits font l'effet de phénomènes plutôt exceptionnels, eu égard à la multitude des travaux appliquant la célèbre réaction suivant son cours normal.

Nos observations sont à rapprocher tout spécialement de l'une de celles que Boeseken a relatées dans un important Mémoire consacré au sujet ([5]). L'auteur a obtenu de l'isobutène, $CH^2=C(CH^3)^2$, à partir du chlorure de pivalyle, $(CH^3)^3$ C—CO—Cl; il a donc obtenu, comme nous-mêmes, un départ de CO et ClH, avec création d'une double liaison.

On remarque, dans cet exemple, l'absence d'hydrogène en α par rapport au carboxyle. En série aliphatique, il semble que ce soit une condition à la scission, sinon nécessaire, du moins très favorable, comme il ressort des indications de Desfontaines ([6]) et surtout de Rothstein et Saboor ([7]).

Nos réactions, elles, ont lieu avec une remarquable facilité, malgré un hydrogène en α; peut-être est-ce à cause de la structure anthracénique finale qu'elles se singularisent de la sorte.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques amines cyclohexaniques actives.* Note ([1]) de M. **Max Mousseron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Méthyl-3 aminocyclohexane. — Il a été obtenu par réduction alcool-sodium de l'oxime de la méthyl-3 cyclohexanone active; l'un des stéréoisomères B a été isolé par cristallisation dans l'alcool 95° de son *d*-tartrate acide F 183°,

([5]) *Recueil Trav. Chim. Pays-Bas*, **29**, 1910, p. 85.

([6]) *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 295.

([7]) *J. Chem. Soc.*, 1943, pp. 425-429.

([1]) Séance du 12 novembre 1945.

$[\alpha]_{546}$ + 17°,1 ou de son dérivé benzoylé F 155°, $[\alpha]_{546}$ —24°,6. L'amine qui correspond possède les caractères $É_{760}$ 143°, d_{25} 0,8434; n_D^{25} 1,4495; $[\alpha]_{546}$ —2°,65; $[\alpha]_{579}$ —2°,37; son stéréoisomère a été séparé à partir du benzoate ([2]); il a été également obtenu par fractionnement du naphtalène carbonate β en milieu alcoolique F 162°, $[\alpha]_{546}$ —3°,45, correspondant à l'amine A, $[\alpha]_{546}$ —1°,40.

J'ai tenté, en collaboration avec P. Brun, de déterminer quelle était la configuration spatiale de chacune de ces amines, en évaluant la constante d'hydrolyse de quelques amides dérivés (nous indiquerons également les valeurs correspondant aux méthyl-2 et méthyl-4 aminocyclohexanes).

	K	
	A.	B.
(Méthyl-2 cyclohexyl) benzène carbonamide	0,045	0,075
(Méthyl-3 cyclohexyl) benzène carbonamide	0,055	0,080
(Méthyl-3 cyclohexyl) octadécanamide	0,340	0,500
(Méthyl-3 cyclohexyl) naphtalène carbonamide	0,290	0,350
(Méthyl-4 cyclohexyl) benzène carbonamide	0,110	0,140

Les vitesses d'hydrolyse ([3]) de la série A sont plus faibles que celles de la série B; le rapport K_B/K_A diminue avec l'éloignement du groupe méthyle (1,60-1,45-1,25), montrant l'influence de l'empêchement stérique : les composés A paraissent donc avoir une structure *cis*.

Méthyl-3 alcoylaminocyclohexanes. — Ils ont été préparés par amination de la méthyl-3 cyclohexanone active, en utilisant non pas l'ammoniaque, en présence du couple Ni-Zn selon Harley ([4]), mais la méthyl, l'éthylamine; ils semblent posséder la forme *trans* : méthyl-3 (méthylamino)-1 cyclohexane É 162°; d_{22} 0,843; n_D^{22} 1,4502, $[\alpha]_{546}$ —7°,60, $[\alpha]_{579}$ —6°,65, chlorhydrate F 118°; méthyl-3 (éthylamine)-1 cyclohexane É 175°, d_{22} 0,829; n_D^{22} 1,4480, $[\alpha]_{546}$ — 8°, $[\alpha]_{579}$ —7°,10; chlorhydrate F 194°.

Cette technique n'a pu être étendue aux homologues supérieurs; ainsi l'amination par la *n*-butylamine en présence de Ni-Zn conduit au méthyl-3 (iminobutyl)-1 cyclohexane, isolé à l'état de chlorhydrate F 94°, qui s'hydrolyse comme le montre la variation du pouvoir rotatoire $t = 0$, $[\alpha]_{579}$ —13°; $t = 2^{\text{H}}$, —4°,5; $t = 20^{\text{H}}$ + 2°,2 (C 10 %, alcool 20°). La formation d'imine précède donc celle d'amine ([5]), la réduction avec Ni-Zn ne permettant pas de saisir l'amine, si la condensation en carbone de l'amine à fixer est trop élevée.

Méthyl-3 (diméthylamino)-1 cyclohexanes. — Obtenus par action de l'acide formique et du formol sur les amines primaires actives ([6]). Amine A

([2]) Mlles CAUQUIL, GUIZARD et CALAS, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **8**, 1942, p. 252.

([3]) CALVET, *Thèses de Sciences*, Paris, 1932.

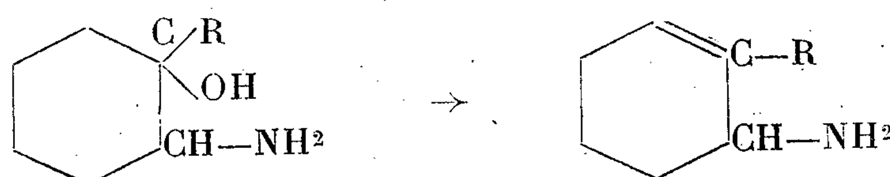
([4]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 304; *Pharm. Gallica Acta*, 1944, p. 15.

([5]) MIGNONAC, *Ann. Chim.*, 11e série, **2**, 1934, p. 256.

([6]) SKITA et ROLFES, *Ber. d. chem. Ges.*, **53**, 1920, p. 1250.

$[\alpha]_{546}$ $-4°,20$; amine B, $-7°,35$. L'iodométhylate traité par l'oxyde d'argent donne le méthyl-3 cyclohexène actif.

Alcoyl-2 cyclohexène-2 amines-1. — Elles prennent naissance à côté des amines chlorées par action du pentachlorure de phosphore sur les alcoyl-2 amino-1 cyclohexanols-2, par perte spontanée d'acide chlorhydrique :



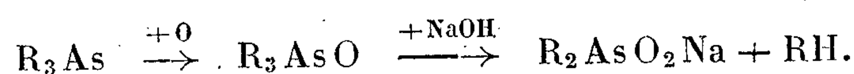
$R = CH^3$, É 170°; d_{25} 0,904; n_D^{25} 1,4853; $[\alpha]_{546}$ $-17°,2$. Phosphate F 155°.
$R = C^2H^5$, É 180°; d_{25} 0,905; n_D^{25} 1,4882. Phosphate F 180°,

La position de la double liaison a été fixée en partant du méthyl-2 amino-1 cyclohexanol-2, spécialement dédoublé, $[\alpha]_{546}$ $+13°,8$, qui conduit au méthyl-2 amino-1 cyclohexène-2 actif, alors que le méthyl-2 amino-1 cyclohexène-1 serait inactif. Parallèlement l'action du pentachlorure de phosphore sur l'amino-1, méthyl-1 cyclohexanol donne l'amino-1, méthyl-1 cyclohexène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Arsénicaux furyliques-α. Dérivés primaires, secondaires et tertiaires*. Note [1] de M. **André Étienne**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué [2] une nouvelle préparation de l'arsine tertiaire furylique-α, la trifurylarsine (I), et sa transformation en arsines chlorées secondaire et primaire, la difurylchlorarsine (II) et la furyldichlorarsine (III). Cette méthode était, avec celle des mercuriens, la seule qui permettait d'isoler des arsénicaux furyliques-α tri, bi ou monosubstitués.

Une autre voie d'accès, réservée seulement aux dérivés secondaires, est encore permise par dégradation d'un dérivé tertiaire, l'oxyde de trifurylarsine (V), obtenu facilement par hydrolyse du dichlorure de trifurylarsine (IV) et par oxydation de la trifurylarsine. J'ai remarqué en effet que, par scission alcaline, cet oxyde tertiaire perd un reste aromatique à l'état de furan et se transforme en sel de l'acide difurylarsinique (XIV). Une telle désarylation, caractéristique des arsénicaux furyliques, peut être effectuée, avec un rendement presque théorique, en un seul temps, à partir de la trifurylarsine, si l'on utilise une solution alcaline oxydante; on a alors l'équation



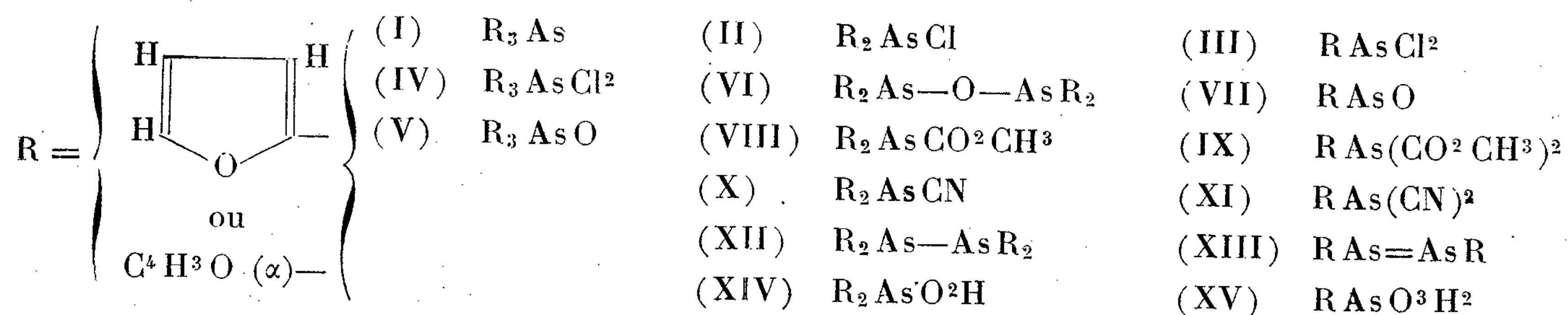
$$R_3As \xrightarrow{+O} R_3AsO \xrightarrow{+NaOH} R_2AsO_2Na + RH.$$

La dégradation s'arrête au dérivé secondaire, le passage à un dérivé primaire,

---

(1) Séance du 15 octobre 1945.
(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 562.

tel que l'acide furylarsonique (XV), n'ayant pu être réalisé dans les mêmes conditions.



(I)	R_3As	(II)	R_2AsCl	(III)	$RAsCl^2$
(IV)	R_3AsCl^2	(VI)	$R_2As—O—AsR_2$	(VII)	$RAsO$
(V)	R_3AsO	(VIII)	$R_2AsCO^2CH^3$	(IX)	$RAs(CO^2CH^3)^2$
		(X)	R_2AsCN	(XI)	$RAs(CN)^2$
		(XII)	$R_2As—AsR_2$	(XIII)	$RAs{=}AsR$
		(XIV)	R_2AsO^2H	(XV)	$RAsO^3H^2$

Si l'on s'en rapporte aux expériences de Lowe et Hamilton ([2]), il peut sembler difficile de préparer un certain nombre de dérivés des arsines chlorées, furyldichlorarsine et difurylchlorarsine. En effet ces auteurs font remarquer que l'hydrolyse oxydante, par l'eau oxygénée, du mélange des trois arsines ne donne pas les acides correspondants mais aboutit à une décomposition au contact de l'eau : il y a vraisemblablement scission de la liaison C—As et résinification du noyau furan par l'acide chlorhydrique libéré. J'ai remarqué, par contre, que l'hydrolyse alcaline de la difurylchlorarsine et de la furyldichlorarsine aboutit aux oxydes correspondants (VI) (VII). Ceux-ci, oxydés, donnent les acides difurylarsinique (XIV) et furylarsinique (XV), le dernier étant très instable.

De plus les oxydes secondaire et primaire peuvent fournir des sels avec les acides, ou mieux avec les anhydrides d'acides (dans le cas où les sels sont trop hydrolysables), pour les acétates (VIII) (IX) par exemple. Pour les sels d'acides volatils on peut encore avoir recours à la double décomposition des arsines chlorées avec un sel de métal lourd, comme c'est le cas pour les cyanures de furylarsine (X) (XI), obtenus par réaction des chlorarsines avec le cyanure d'argent.

Par réaction sur les oxydes et les acides secondaires et primaires, les réducteurs, tels que l'acide hypophosphoreux, donnent respectivement le tétrafuryldiarsyle ou furylarshydrazine (XII) et l'arsénofuran ou furylarsinoïque (XIII), corps très oxydables à l'air qui ont pu être stabilisés par effet antioxygène.

On retrouve, avec les arsénicaux furyliques-α, l'ordre de stabilité déjà constaté pour les arsénicaux aromatiques et aliphatiques : les dérivés tertiaires sont plus stables que les secondaires, lesquels sont plus stables que les primaires. Cependant dans chaque catégorie les composés furyliques sont plus facilement décomposables que les benzéniques et thiofèniques analogues. Cela tient d'abord à la très grande altérabilité du noyau furan et d'autre part à la fragilité de la liaison de l'arsenic au carbone furylique-α.

Description des corps obtenus (les nouveaux en *italique*).

Dérivés tertiaires. — Dichlorure de trifurylarsine (IV); cristaux incolores, F 128-129° [F (Litt.) ([3]) 132], fumant à l'air.

([3]) W. C. Lowe et C. S. Hamilton, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1081; *ibid.*, p. 2314.

Oxyde de trifurylarsine ($C^{12}H^9O^4As$) (V); cristaux incolores, F 137-138°.

DÉRIVÉS SECONDAIRES. — *Oxyde de difurylarsine* ($C^{16}H^{12}O^5As^2$) (VI); liquide huileux incristallisable et indistillable.

Difurylacétoxyarsine ($C^{10}H^9O^4As$) (VIII); cristaux incolores, très hydrolysables et hygroscopiques, F 48-50°. 40° (tube); $É_{10}$ 161-162°.

Difurylcyanarsine ($C^9H^6O^2NAs$) (X); cristaux incolores, très hydrolysables, F 32°, $É_{20}$ 166-167°.

Acide difurylarsinique (XIV); aiguilles incolores, F 141° [F (Litt.) (²) 138°].

Tétrafuryldiaryle ($C^{16}H^{12}O^4As^2$) (XII); cristaux incolores, F 107-108°; il s'autooxyde avec échauffement au contact de l'air en oxyde de difurylarsine et en acide difurylarsinique; il peut être stabilisé si on le fait cristalliser dans une solution benzénoalcoolique à 1 % d'hydroquinone.

DÉRIVÉS PRIMAIRES. — *Oxyde de furylarsine* ($C^4H^3O^2As$) (VII); cristaux incolores, F 148-150°; il donne avec les alcalis les réactions de l'acide furylarsinique $\begin{matrix}R\\H\end{matrix}\!\!>\!AsO^2H$ et se décompose au-dessus de 100° en trifurylarsine et anhydride arsénieux.

Furyldiacétoxyarsine ($C^8H^9O^5As$) (IX); liquide peu stable, très hydrolysable, $É_2$ 129-130°, d_4^{20} 1,526, n_D^{20} 1,5245.

Furyldicyanarsine ($C^6H^3ON^2As$) (XI); aiguilles incolores, très hydrolysables, F 105°.

Acide furylarsonique ($C^4H^5O^4As$) (XV); cristaux incolores, F 133°; il se décompose au-dessus de 50° et il est peu stable en présence d'acide chlorhydrique même dilué.

Arsénofuran ($C^8H^6O^2As$) (XIII); cristaux jaunes, F 87°. Il s'autooxyde à l'air en oxyde de furylarsine probablement par l'intermédiaire de l'oxyde interne, R—As—As—R (les deux As reliés par O), F 182-185° Il peut être stabilisé comme le tétrafuryldiarsyle, par cristallisation dans une solution benzénoalcoolique d'hydroquinone.

MINÉRALOGIE. — *Modifications expérimentales de la palygorskite de Taodeni. Application à l'interprétation des courbes thermiques des argiles de ce groupe.* Note (¹) de Mlle **SIMONNE CAILLÈRE** et MM. **STÉPHANE HÉNIN** et **LUCIEN TURC**.

L'une de nous a montré (²) qu'il était possible d'identifier les palygorskites grâce à leurs courbes thermiques différentielles obtenues avec le dispositif de Saladin-Le Chatelier. Celles-ci présentent en effet un certain nombre de caractères communs : crochets endothermiques à 150°, à 340° et à 520°. Toutefois, en dehors de ces caractéristiques, les courbes de ce groupe d'alumino-silicates montrent certaines différences qui, jusqu'ici, n'avaient pu être interprétées. C'est ainsi que des échantillons comme ceux de Gorbatov, d'Arles-sur-Tech et du Vigan donnent une courbe mettant en évidence, en dehors des trois inflexions signalées ci-dessus, un crochet endothermique faible vers 800°, tandis que ceux du Mont Pilat, d'Odivello (Portugal), de Miramont (Haute-Loire) et de Maevatanana (Madagascar)

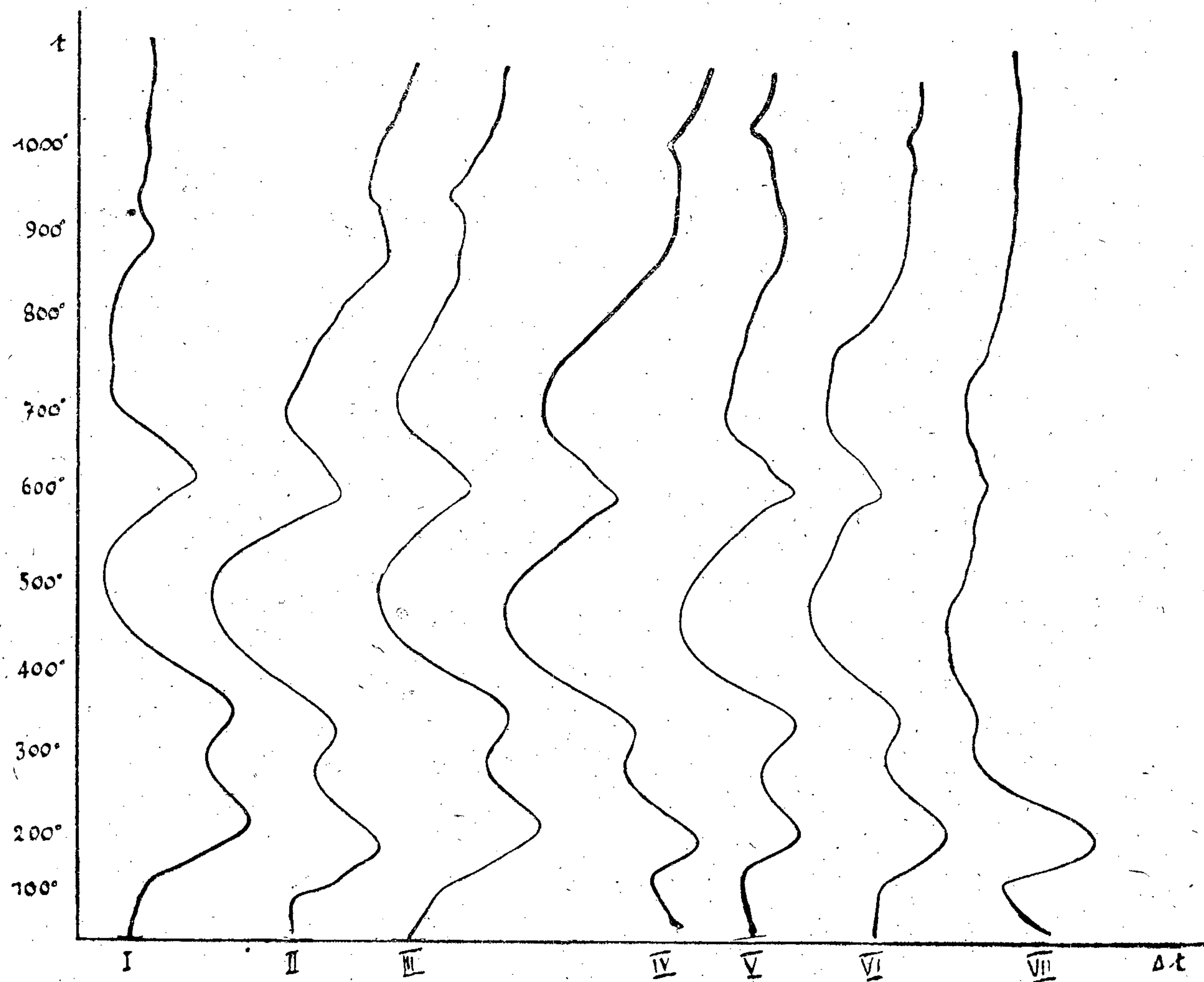
(¹) Séance du 12 novembre 1945.

(²) S. CAILLÈRE, *Comptes rendus*, 198. 1934, p. 1354.

fournissent un diagramme thermique révélant un léger phénomène exothermique vers 920°.

Ces deux types de courbes ont pu être obtenus avec un même minéral, la palygorskite de Taodeni (Sahara) ([3]), en fixant, par échange de bases, divers cations sur cet échantillon broyé finement mais non tamisé.

C'est ainsi que la fixation de Fe (courbe III), de Al (courbe IV), et de H



fait apparaître l'inflexion exothermique à 920°, alors que l'adsorption de Na et de Ba (courbe II) s'accompagne du crochet endothermique à 800°.

D'autre part la fixation de Fe, de Al et de Ba tend à diminuer le crochet à 340°. Par contre Na (CO^3Na^2) et NH^4 [$CO^3(NH^4)^2$] (courbe I) l'augmentent d'une manière très notable.

En outre, dans une seconde série d'essais, la polygorskite a été attaquée par SO^4H^2 N/4, un traitement comportant 20 minutes d'ébullition étant pris comme unité. L'évolution de la courbe thermique en fonction du nombre des traitements : 1 (courbe V), 3, 5 (courbe VI), 7, 14, 20 (courbe VII), montre une variation très lente de celle-ci, traduisant une grande résistance du minéral à l'action de l'acide. Au bout de 20 attaques, la courbe de la palygorskite, bien que très atténuée, est encore reconnaissable.

([3]) S. Caillère, *Comptes rendus*, 72e *Congrès Soc. Sav.*, 1939, pp. 147-150.

Ces résultats montrent que l'on peut faire varier l'allure du diagramme thermique des palygorskites entre certaines limites correspondant aux divers aspects pris par les courbes des échantillons naturels. D'autre part en associant l'analyse thermique et l'attaque par les acides, il est possible d'établir un nouveau caractère qui paraît assez spécifique, ce qui facilitera la détermination de ce minéral dans une roche. Ces résultats, s'ajoutant à ceux que nous avons obtenus précédemment, confirment le caractère très général de l'action de petites quantités de cations, fixés par un minéral argileux, sur la courbe thermique de celui-ci.

CLIMATOLOGIE. — *Application des méthodes statistiques à la climatologie.* Note [1] de M. **Gaston Grenet** et Mme **Françoise Bayard-Duclaux**, présentée par M. Charles Maurain.

Donnée climatologique importante sans conteste, la température moyenne de l'air est insuffisante pour caractériser la température. Nous pensons que l'étude de la répartition statistique des températures peut mettre en évidence certaines caractéristiques du climat que les moyennes ne font pas apparaître.

On a déjà cherché comment se répartissent les températures observées en un lieu donné [2], mais en général on a effectué ces statistiques sur des températures moyennes de chaque journée et en utilisant les observations d'un mois entier. Il nous semble que ces bases diminuent l'intérêt de ces statistiques parce que la température moyenne d'une journée n'est pas un phénomène physique simple, et qu'un type de temps ne se présente pas de la même façon au début ou à la fin d'un mois, surtout au printemps et à l'automne dans nos régions.

L'idéal serait de disposer de plusieurs centaines d'années d'observation et d'étudier les températures pour le même jour de chacune des années. Comme cela est irréalisable, nous avons tourné la difficulté en considérant non les mêmes jours, mais les mêmes décades et en ramenant toutes les observations au jour moyen de la décade considérée en les corrigeant de la variation annuelle de température. Nous avons étudié ainsi la répartition statistique des maxima et des minima de température à Clermont-Ferrand (Côte de Landais) pour la période 1912 à 1945. Pour adoucir ces courbes, les températures étant évaluées au dixième de degré près, la fréquence d'observation d'une température t est obtenue en faisant la

(1) Séance du 8 octobre 1945.

(2) Voir par exemple G. Rempp, *Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 1926, 1re partie, *Météorologie*, p. 117.

moyenne des fréquences des températures comprises entre $t + 0{,}4$ et $t - 0{,}4$.

Les courbes ainsi adoucies sont encore un peu irrégulières, mais leurs caractéristiques principales sont bien nettes et les courbes correspondant aux différentes époques de l'année sont très différentes. Certaines présentent plusieurs maxima particulièrement nets et intéressants.

Pour caractériser ces courbes au moyen d'un petit nombre de chiffres, nous avons cherché empiriquement à les représenter au moyen d'une somme de courbes de Gauss. La représentation étant satisfaisante, nous voyons là surtout un moyen simple de représentation, sans affirmer que dans tous les cas chaque courbe de Gauss ainsi définie représente un type de temps.

Chaque courbe de Gauss est caractérisée par trois nombres : la température la plus probable, correspondant au centre de la courbe, le rapport de son aire à l'aire totale de la courbe, c'est-à-dire la probabilité du type de temps que peut représenter cette courbe, enfin l'écart quadratique moyen, qui caractérise la dispersion de la courbe.

A titre d'exemple nous allons montrer les résultats obtenus pour la période du 1er au 10 mai. On peut représenter les courbes de fréquence au moyen de trois courbes de Gauss :

	Minima.			Maxima.		
Type...	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Température du maximum de fréquence...	0°,2	3°	7°	13°	18°,5	24°
Probabilité (%)...	6	7,5	86,5	23,6	58,7	17,7
Écart quadratique moyen...	0,6	0,8	2,5	1,7	2,2	1,4

La courbe correspondant à 0°,2 est intéressante, d'autant plus qu'elle correspond à un maximum extrêmement net sur la courbe, résultant directement des statistiques. Elle représente les types de temps amenant les gelées printanières tardives. On sait que ces gelées s'observent avec des températures de l'air sous abri voisines de 0°, mais un temps clair favorisant les basses températures au sol. Ces températures ne s'observent qu'assez rarement, puisque leur fréquence ne représente que 6 % du nombre d'observations. Mais, comme elles sont à craindre pour l'agriculture pendant une période dépassant 10 jours par an, on conçoit que les gelées correspondantes produisent des dégâts sensibles d'une façon assez fréquente.

Pendant la même période, les maxima se présentent d'une façon différente, puisque les maxima moyens sont les plus fréquents, avec des probabilités à peu près égales de maxima faibles ou de maxima élevés.

Nous nous proposons d'étudier par cette méthode les températures extrêmes observées à Clermont-Ferrand pour chaque décade de l'année.

PALÉOBOTANIQUE. — *Tableau d'ensemble de l'histoire forestière flandrienne française.* Note de M. **Georges Dubois** et M[me] **Camille Dubois**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Il y a un peu plus de 20 ans que l'histoire forestière flandrienne (c'est-à-dire celle du Glaciaire terminal et du Postglaciaire) fait l'objet de recherches en France, par la méthode de l'analyse pollinique des tourbes et sédiments tourbeux. Divers chercheurs français et étrangers s'y sont appliqués, soit en pratiquant les analyses polliniques, soit en aidant au travail sur le terrain (¹). Les recherches les plus actives et les plus récentes ont été conduites par nos élèves et nous-mêmes d'une part, par G. Lemée d'autre part.

En montagne, au-dessus de l'altitude 500[m], ont été explorés : les Vosges, le Jura (très peu), les Monts d'Auvergne (Monts Dore, Cézallier, Cantal), la Montagne bourbonnaise et forézienne, les Monts du Velay, l'Aubrac, le Mont Lozère, l'Aigoual, la Montagne de l'Espinouse, la Montagne limousine, les Alpes de Savoie et Haute-Savoie, le plateau de Sault subpyrénéen, la Corse.

Les plateaux, pentes, collines et plaines étudiés, sont principalement : les Basses Vosges gréseuses, la plaine d'Alsace, l'Argonne, la Flandre lilloise et maritime, la Picardie, Paris et les environs de Paris, la basse vallée de Seine, la Normandie, la Montagne d'Arrée, la région brestoise, les côtes du Finistère, la région nantaise, la Marche, le Berry, quelques régions d'Aquitaine, les collines béarnaises, la région lyonnaise.

Il nous est ainsi possible maintenant de dresser une synthèse de l'histoire forestière française beaucoup plus étoffée que les aperçus préliminaires que l'un de nous a déjà présentés.

Nous laissons de côté un début d'histoire correspondant à la période d'Alleröd, sur laquelle nous n'avons encore que peu de renseignements (²). C'est dire que nous envisageons l'histoire forestière à partir de l'an —9000 environ, histoire qui englobe les périodes subarctique-préboréale, boréale, atlantique, subboréale, subatlantique.

Pour l'ensemble du territoire français, l'histoire forestière ainsi considérée

---

(¹) Leurs publications portent les noms de M. Denis, M[me] C. Dubois, M[lle] F. Dubois, G. Dubois, S. I. El. Dabh, G. Erdtman, F. Firbas, F. Firtion, L. Glangeaud, J. Gourc, J. P. Hatt, M[lle] M. Hartopp, A. Hée, P. Keller, G. E. Kielhauser, G. Lemée, E. Leroux, G. Mazenot, E. Oberdorfer, N. Théobald, E. Walter.

(²) G. Dubois et M[me] C. Dubois, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 465.

montre la succession de phases forestières caractérisées par la présence, rarement exclusive, plus souvent dominante, de : 1° Saule-Bouleau-Pin; 2° Pin; 3° Coudrier; 4° Chênaie mixte (Chêne + Tilleul + Orme); 5° Chêne-Hêtre-Aulne-Sapin. La phase de la Chênaie mixte date la période Atlantique et correspond à la température optimale du Flandrien.

Dans cet ensemble deux grands *faciès paléosilvatiques* sont à envisager : celui des montagnes, celui des plaines, collines et plateaux. Ils ne diffèrent guère l'un de l'autre, avant le Subboréal, que par des degrés de dominance des arbres ou groupes d'arbres caractéristiques de chaque phase, encore que cette indication n'ait rien d'absolu. Ils diffèrent ensuite plus nettement dès le Subboréal et surtout pendant le Subatlantique jusqu'à nos jours, ainsi qu'on va le voir.

1° Le *faciès de montagne* typique est celui de nos moyennes montagnes : Vosges, Jura occidental, Monts d'Auvergne, du Bourbonnais et du Forez. Il prend tout son caractère avec la Fagabiétaie (Hêtre + Sapin), parfois presque exclusive, qui remplace souvent très brusquement la Chênaie mixte atlantique; l'Épicéa y fait totalement défaut. Les variétés de ce faciès, observables dans le Sud-Est du Massif Central, sont caractérisées par une moindre extension des deux composants de la Fagabiétaie, surtout du Sapin. En une autre variété, en bordure des Monts d'Auvergne et en Montagne limousine, le Chêne garde une place importante après la phase de Chênaie mixte, aux dépens de la Fagabiétaie, principalement du Sapin.

Au contraire, au pied des Pyrénées orientales, près de Quillan, le Chêne est mélangé au Sapin aux dépens du Hêtre presque inexistant, sauf à la fin de l'histoire forestière; en outre la présence d'Épicéa y a été signalée à partir du Subboréal, mais elle est remise en discussion.

L'Épicéa, qui est chez lui en Suisse, révèle sa présence en nos tourbières jurassiennes voisines de la frontière franco-suisse. En un faciès alpin de Haute-Savoie, le Hêtre est pratiquement inexistant et le Sapin puissant, mais celui-ci fait brusquement place à l'Épicéa à une date qui paraît quelque peu antérieure au début de l'ère chrétienne.

Plus haut que 2000^{m}, on ne connaît en Savoie que Pins, Melèze, Aulne vert. En Corse les Pins dominent constamment sur la Fagabiétaie, qui se manifeste par une poussée de Sapin suivie finalement de celle du Hêtre.

2° Le *faciès des plaines, collines et plateaux* est caractérisé, aux périodes postérieures à l'Atlantique, par leur richesse forestière en Chêne, Hêtre ou Aulne, parfois en Pin et Bouleau, qui ont subsisté depuis leur première installation. Le Coudrier demeure souvent fréquent. Le Sapin est absent, sauf en Montagne d'Arrée et sur les collines béarnaises. Les détails locaux du faciès ne prêtent guère à un exposé d'ensemble. Toutefois signalons les deux aspects extrêmes de l'histoire forestière de nos plaines et collines :

la forme diffuse, avec faibles variations des pourcentages à tous niveaux (région du Sud-Ouest par exemple); la forme contrastée, avec Chêne presque exclusif succédant brusquement, après l'Atlantique, à des Pins également presque exclusifs (certains points de la région parisienne par exemple).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Relations entre l'état de division de la chromatine et l'intensité du métabolisme cellulaire*. Note de M. **Georges Malvesin-Fabre**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Au cours d'une étude approfondie, entreprise sur les conseils de M. Ph.-A. Dangeard et portant sur 21 espèces d'Aracées, nous avons examiné la structure nucléaire dans les cellules embryonnaires et dans les tissus définitifs. Nous avons constaté que, chez la même espèce et le même individu, le noyau, dans les cellules définitivement différenciées, a un aspect variable suivant le tissu et l'activité métabolique. Les différences ainsi observées montrent une liaison entre la structure nucléaire et la biologie cellulaire. Ainsi les noyaux des cellules stomatiques ont une structure granulo-réticulée bien plus uniforme que celle des noyaux des cellules épidermiques, qui possèdent des chromocentres composés. Et lorsque, dans la même feuille, l'épiderme pétiolaire et celui du limbe ont un catabolisme d'intensité différente, la structure nucléaire est plus fine dans celui où le catabolisme, plus important, se traduit par une activité sécrétrice.

Si, dans une racine, les noyaux du parenchyme cortical ont des chromocentres volumineux, on trouve une structure beaucoup plus homogène, avec des chromocentres très petits ou presque nuls dans les noyaux des cellules sécrétrices ou à tannoïdes au stade d'élaboration intense. Les cellules à résinoïdes ont un noyau à granulum très fin et très serré, alors que leurs voisines à métabolisme moins actif offrent une structure nucléaire bien plus grossière, avec empâtements condensés ou chromocentres composés. Au cours de l'évolution des cellules des canaux sécréteurs schizogènes, les noyaux possèdent d'abord des chromocentres très condensés. A l'apparition du méat central intercellulaire, les chromocentres sont moins nombreux, moins condensés et réunis par un réticulum chromocentrique. Au début du stade sécrétoire, ils diminuent de nombre et deviennent plus granuleux, plus lâches. A l'apogée de la sécrétion il n'y a plus que de petits groupes de faibles granulations, tranchant peu sur le granulo-réticulum général. Dans les laticifères, les noyaux irrégulièrement réticulés présentent des amas chromocentriques, très faibles chez les laticifères jeunes, plus importants et réunis par des travées chez les laticifères âgés.

Dans les cellules à tannoïdes, où la structure est généralement granulo-

réticulée, on voit peu à peu se constituer de gros chromosomes composés lorsque diminue l'activité métabolique. Chez les cellules à raphides on peut suivre l'évolution cellulaire depuis la différenciation jusqu'à la dégénérescence. A l'état jeune, la structure nucléaire est obscurément réticulée, avec de nombreux chromocentres nodaux, qui diminuent à la période du métabolisme maximum pour redevenir plus importants au stade de la dégénérescence.

Dans les cellules tapétales de l'anthère, en période trophique, le noyau possède un réticulum assez fin avec de petits chromocentres; mais, dès le début de la période dégénérative, apparaissent des chromocentres composés avec épaississement du réticulum.

Ainsi, quand le métabolisme se ralentit, la chromatine s'agglomère; cette concomitance s'observe jusque dans les cas extrêmes. Dans l'évolution dégénérative, la nécrose naturelle ou accidentelle, les chromocentres composés s'accroissent graduellement jusqu'à la confluence en un granulum général très chromatique caractérisant l'état pycnotique.

L'état de division de la chromatine apparaît comme étant en rapport direct avec l'intensité du métabolisme cellulaire. Aux variations de cette intensité dans une même cellule correspondent des modifications de la structure nucléaire. Plus le métabolisme est intense, plus la chromatine est divisée en fines particules presque uniformément réparties et inversement. Si ces observations, toutes concordantes, étaient renouvelées sur d'autres espèces, on pourrait en inférer que, *dans le noyau végétal le degré de division du matériel thymonucléo-protéique est en raison directe de l'intensité du catabolisme cellulaire.* Ce serait une vérification supplémentaire du rôle catalytique rempli dans l'économie par les nucléoprotides à acide thymonucléique.

CRYPTOGAMIE. — *Nouvelles observations sur la reproduction et la multiplication chez les* Trentepohlia. Note de M. **Armand Hérisset**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Bien que les Trentepohliacées aient été étudiées par un grand nombre de chercheurs, la difficulté de leur examen fait que, en particulier, leur mode de multiplication et leur cycle d'alternance sont encore très discutés. Ces algues sont représentées en Anjou par deux espèces : *Trentepohlia aurea* (L.) Mart., qui croît sur les schistes ardoisiers, *Trentepohlia umbrina* (Kg.) Born., qui végète sur l'écorce des arbres. Nos observations sur ces deux espèces nous ont permis non seulement de rectifier les descriptions classiques, mais encore de résoudre de nombreux points contestés.

Tout d'abord, dans la nature, *T. aurea* nous a montré des *gamétanges*

elliptiques, isolés, pleins ou vides, latéraux ou terminaux, de 20 à 40^{μ}. Ensuite un examen en chambre humide montre que les gamétanges se vident *sur place*, étant encore attachés au filament, et produisent des gamètes ovoïdes à deux flagelles, qui mesurent 6 à 8^{μ} sur 1 à 2^{μ}. Leur copulation isogame conduit à un planozygote, puis à un zygote sphérique bourré d'hématochrome, qui mesure 12 à 15^{μ}. Le développement est lent mais immédiat, ce qui laisse prévoir qu'il n'y a pas de réduction chromatique à ce stade. Nous avons pu observer ce phénomène à deux reprises. Il n'avait pas été décrit, jusqu'ici, dans cette espèce.

Nous n'avons pas rencontré les classiques sporanges pédicellés, ni dans la nature, ni dans les cultures; mais nous avons observé des cellules *sphériques*, souvent en chapelets, attachées ou détachées, et mesurant 20 à 35^{μ}. Quelques-unes, détachées et isolées, sont vides, tandis que d'autres se développent directement en un nouveau filament. Les souches, peu vivaces, et qui montrent de nombreux filaments morts, présentent un grand nombre de ces organes.

Nous avons pensé que ces cellules sphériques pouvaient être des sporanges. De fait, dans certaines cultures glucosées, nous avons observé de telles cellules avec des spores individualisées, 16 en général. Ces grosses cellules, obtenues en culture et placées en chambre humide, nous ont montré l'émission de spores individualisées. Leur libération est immédiate : les zoospores nageantes, déformables, très mobiles, présentent des mouvements de rotation et de translation très rapides. Elles sont fusiformes, sans stigma, un peu plus volumineuses que les gamètes : 8 à 10^{μ}. Elles sont munies de 4 flagelles égaux. Elles redonnent un filament après être passées par un assez long stade d'aplanospore. Les sporanges, *après s'être détachés*, peuvent donc, dans certaines conditions, libérer des zoospores par un pore de la paroi; mais en général ils se développent directement en un nouveau filament, par suite d'une adaptation en rapport avec la vie aérienne de l'Algue. Le sporange, qui se détache, est donc un *organe de dissémination*.

Toutes les souches présentent les trois modes de reproduction : *les deux sortes d'organes existent même souvent sur le même filament.* Les cultures pures, surtout les milieux glucosés, favorisent leur apparition et leur croissance.

Les organes reproducteurs du *T. umbrina* sont plus difficiles à identifier, car ils ressemblent davantage aux cellules végétatives; ils sont peu nombreux, mais identiques à ceux que nous venons de décrire. Les gamétanges produisent des gamètes mesurant 9 à 12^{μ} sur 4 à 6^{μ}, et leur copulation isogame conduit à un zygote de 20 à 22^{μ}, qui fournit directement le nouveau filament. En dehors de cette observation, où nous avons pu

bien suivre plusieurs copulations et développement de zygotes, nous avons assisté à plusieurs émissions de gamètes, sans fusion sexuelle : la copulation, qui exista, est peu fréquente, et fut signalée par Wille en 1878. Les zoospores mesurent 11 à 14$^{\mu}$.

Ayant réussi à éliminer l'hématochrome, nous avons coloré les noyaux des deux espèces par la réaction de Feulgen, et nous avons eu la chance d'observer des cellules terminales et latérales présentant la réduction chromatique (stade synapsis). *Les* Trentepohlia *étudiés ne sont donc pas haplobiontes.* Et l'organe en formation est un futur gamétange de par sa forme, sa situation et surtout par le fait que les mitoses réductrices auxquelles nous avons assisté se sont toujours produites dans des fructifications isolées et attachées au filament. D'autre part il ne nous a pas été possible de mettre en évidence deux sortes de filaments, les uns à cellules haploïdes, les autres à cellules diploïdes. Ces constatations, jointes au fait que l'on trouve dans la nature les gamétanges et les sporanges sur le même filament, nous conduisent à attribuer aux *Trentepohlia* étudiés *un cycle d'alternance du type diplobiontique* : les spores diploïdes sont des spores de multiplication, de dissémination, et les sporanges, qui se détachent, des organes de dispersion. Ils sont aussi une forme de résistance, car, dans les cultures qui meurent, ils demeurent seuls normaux et vivants. Ils apparaissent en grand nombre quand la vie de la colonie paraît menacée par la sécheresse ou par la concurrence vitale; grâce à eux, la pérennité de l'individu est ainsi assurée dans le temps et dans l'espace.

Si l'on ajoute à ce caractère important le mode de vie franchement aérien, la présence d'hématochrome dans les cellules végétatives, il semble que les Trentepohliacées mériteraient, sous le nom de *Trentepohliales*, une place à part dans la série des Isocontes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — Quotient d'oxydation réversible *de l'acide ascorbique chez quelques Phanérogames terrestres*. Note de M. **Pierre Lecat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Poursuivant notre étude sur la vitamine C dans le règne végétal, nous avons été amené à donner une forme explicite et concrète au rapport entre la teneur des plantes en acide ascorbique oxydé et leur teneur en acide réduit. Nous avions le choix entre le quotient (acide déhydroascorbique/acide déhydroascorbique + acide ascorbique), toujours inférieur à l'unité ou le quotient (acide déhydroascorbique/acide ascorbique), susceptible d'atteindre une valeur de plusieurs unités chez un certain nombre de plantes aquatiques ainsi que nous l'avons constaté. C'est ce dernier quotient que nous avons adopté et que nous désignerons désormais par

l'expression *Quotient d'oxydation réversible* de l'acide ascorbique. Il unit deux formes mutuellement réversibles de l'acide ascorbique et caractérise le premier stade d'oxydation de ce corps.

Nous nous bornerons à examiner les valeurs de ce quotient pour un certain nombre de plantes terrestres. Les résultats sont relatifs aux analyses effectuées sur le limbe des feuilles arrivées à leur plein développement à l'époque indiquée pour chacune d'elles. Pour la plupart cette époque correspond au début de la floraison. Les sujets étudiés ont été récoltés dans la région parisienne.

Plantes.	Époque de récolte.	En mg pour 100g de feuilles fraîches		Quotient.
		Ac. ascor.	Ac. déhydro.	
LILIACÉES :				
Ruscus aculeatus	Mars	140	8	0,05
» *hypoglossum*	Mars	168	0,1	0,00
» *racemosus*	Mars	126	0,1	0,00
Iris mauve hybride	Mai	386	0,1	0,00
Gladiolus blanc hybride	Juillet	478	19	0,04
CRUCIFÈRES :				
Brassica napus	Avril	112	11	0,10
Alliaria officinalis	Avril	156	22	0,14
Cheiranthus cheiri var.	Avril	112	28	0,25
Iberis hybride	Octobre	360	32	0,08
Brassica napus var. *Oleifera*	Novembre	112	10	0,09
GROSSULARIACÉES :				
Ribes nigrum var.	Avril	329	20	0,06
OLÉINÉES :				
Syringa vulgaris var.	Avril	173	39	0,22
RENONCULACÉES :				
Ranunculus repens	Mai	73	18	0,24
PAPILLONACÉES :				
Wistaria	Mai	370	33	0,08
Cytisus laburnum	Mai	329	35	0,10
Soja hispida var.	Juillet	148	37	0,25
Lotus corniculatus	Juillet	78	11	0,14
COMPOSÉES :				
Helianthus annuus var.	Août	112	22	0,19
EUPHORBIACÉES :				
Ricinus Zanzibariensis	Août	190	37	0,19

Les chiffres ci-dessus ont été obtenus par la méthode au 2-6 dichlorophénol indophénol, selon la technique d'A. Sosa [1]. Les dosages sont faits

[1] *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 706; A. SOSA et Mme SOSA-BOURDOUIL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **25**, 1943, p. 146.

sur des extraits déféqués par l'acide métaphosphorique à 5 %, puis par le sulfate d'ammonium à saturation. L'acide ascorbique est dosé sur une moitié des filtrats. L'autre moitié est soumise à un courant de SH^2 et sert au dosage du total (acide ascorbique + acide déhydroascorbique) suivant le mode opératoire que nous avons mis au point (²).

Ces divers exemples, pris dans quelques grandes familles, montrent chez les plantes terrestres :

1° une teneur en acide ascorbique très variable suivant les espèces, comme cela a déjà été constaté maintes fois;

2° une teneur en acide déhydroascorbique variable, mais toujours inférieure à la précédente;

3° même lorsque l'acide ascorbique oxydé est en quantité notable (39^{mg} chez Syringa), le quotient ne dépasse pas 0,3;

4° ce quotient tend à augmenter de la saison froide à la saison chaude.

Nous pouvons conclure que, chez les plantes terrestres, l'équilibre biologique entre les deux formes de l'acide ascorbique est très nettement en faveur de la forme réduite.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les os carpiens du Nandou (Rhea).* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Des Batraciens les plus inférieurs aux Mammifères les plus évolués un même plan d'organisation se révèle à nous dans le squelette des membres, et cela en dépit des adaptations variées des Tétrapodes à la natation, à la marche, à la course, au saut, à la préhension, au vol.

L'aile de l'Oiseau comporte un humérus, un radius, un cubitus, un carpe et des rayons digités. Au point de vue morphologique, l'adaptation à la vie aérienne s'est produite, chez lui, par : 1° réduction du nombre des rayons digités et des carpiens distaux; 2° coalescence des métacarpiens entre eux et avec le carpe distal, d'où constitution d'un carpo-métacarpe; les carpiens proximaux, radial et cubital demeurent libres, ne disparaissant que chez quelques types très spéciaux comme l'*Apteryx*.

Le Nandou (*Rhea*) est celui des Ratites dont l'aile est le moins régressée. J'ai étudié le carpe d'un jeune spécimen de *Rhea* (*Pterocnemya*) *Darwini* Gould (¹), originaire de Patagonie; en voici la description :

1° le carpien distal, dont les éléments, au nombre de trois (comme les

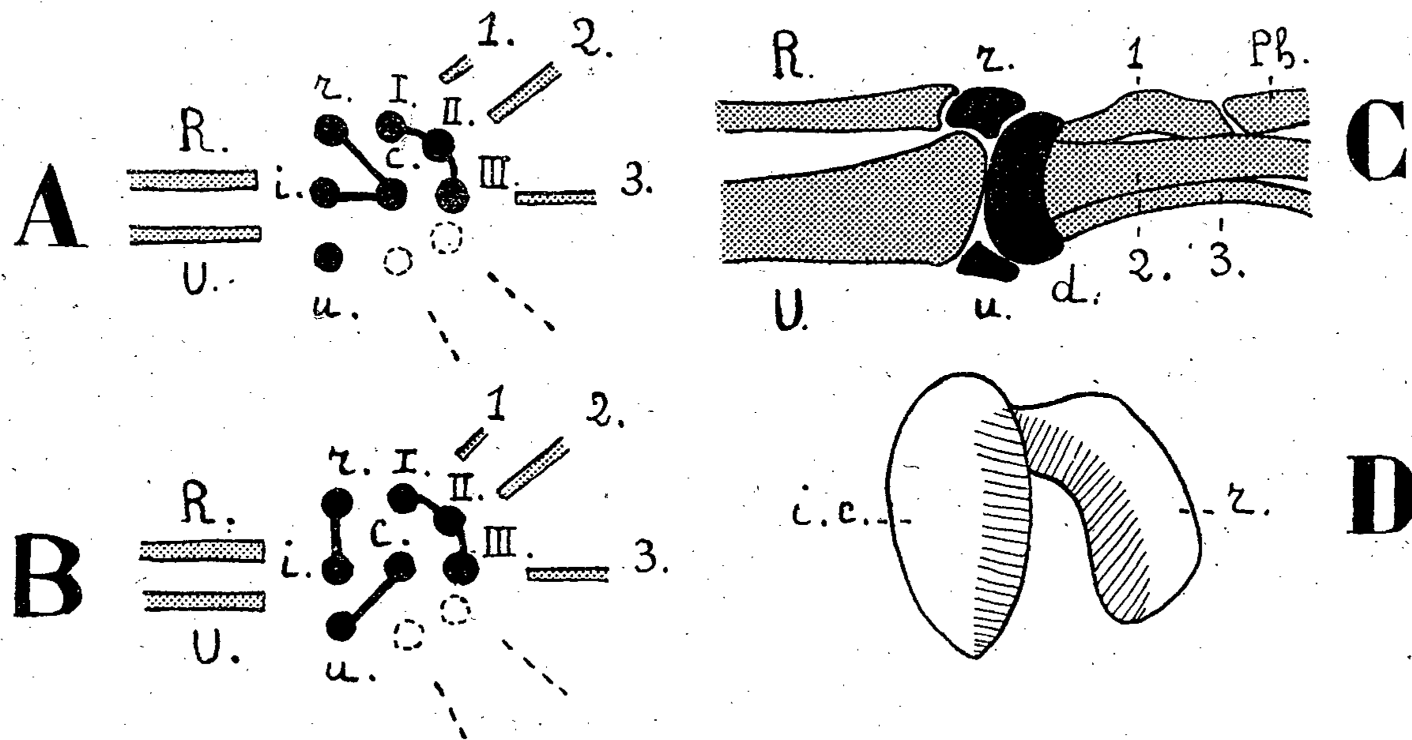
(²) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **91**, 1944, p. 57.

(¹) Je considère le *Pterocnemya* comme un sous-genre de *Rhea* et non comme un genre particulier, ainsi qu'on le fait parfois.

rayons digités), sont distincts au cours de l'évolution embryologique des Carinates, constitue déjà une seule masse osseuse encore séparée des métacarpiens;

2° les carpiens proximaux sont partiellement ossifiés.

Le radial comporte deux éléments : l'un dorsal, nettement articulé



A. Schéma du carpe d'un jeune Nandou (*Rhea*), figuré en C. Les carpiens distaux et les rayons digités primitifs manquants sont en pointillé dans le schéma.

B. Schéma du carpe d'un jeune Carinate (*Gallus*) au même stade d'ossification que le jeune Nandou ci-dessus. Les carpiens distaux et les rayons digités primitifs manquants sont en pointillé.

C. Face dorsale du CARPE droit d'un jeune Nandou [*Rhea* (*Pterocnemya*) *Darwini* Gould], rapporté de Patagonie par M. le Comte de la Vaulx. Collection d'Anatomie comparée du Muséum. Cet Oiseau a déjà presque atteint la taille de l'adulte, $^3/_4$ de la grandeur naturelle environ.

D. Face supérieure du RADIAL droit d'un jeune Nandou (*Rhea*), dont le carpe est figuré en C. *r*, radial *sensu stricto*; *i. c.*, intermédio-central. En hachures, facettes d'articulation pour le radius. 3 fois grandeur naturelle, environ.

R, radius; U, cubitus; *r*, radial; *u*, cubital; *i*, intermédiaire; I, II, III, 1er, 2e et 3e carpiens distaux; *d*, carpien distal (correspondant aux 1er, 2e et 3e carpiens distaux); 1, 2, 3, 1er, 2e et 3e métacarpiens; Ph, 1re phalange du pollex.

En noir : os carpiens (les os coalescents, au stade étudié, sont unis par un trait sur les schémas A et B). — En grisé : os de l'avant-bras, métacarpiens et 1re phalange du pollex.

avec le radius, représente le radial *sensu stricto*, qui n'est pas encore tout à fait uni à un autre élément, plus volumineux et palmaire, également articulé avec le radius, qui, par sa situation même, correspond au central et à l'intermédiaire du carpe primitif. Le *radial* du Nandou adulte résulte donc de la fusion de trois os : radial, central et intermédiaire, comme l'étude de l'évolution du squelette de l'aile au stade enchondral l'avait fait admettre, en 1925, à G. S. Schestakowa.

Le cubital, sensiblement plus petit que le radial, oblique d'arrière en avant et de dedans en dehors, est allongé, avec une extrémité proximale articulaire plus large pour le cubitus. Il correspond au seul cubital, puisque les deux autres carpiens proximaux et le central viennent d'être mentionnés.

L'étude du squelette de l'Autruche (*Struthio*) adulte tend à me faire présumer que le mode d'union de ses éléments carpiens serait le même que chez le Nandou, comme l'évolution enchrondrale l'avait également fait supposer, en 1896, à N. Nassonov.

Ce stade d'ossification du carpe des *Rheidæ* est intéressant. Il met en évidence que les os carpiens du Nandou et ceux des Carinates n'ont pas la même signification. Les travaux de W. Parker (1888) ont en effet montré que, chez ces derniers, le radial correspond à un intermédio-radial (et non à un intermédio-centro-radial); le cubital, à un centro-cubital (et non à un cubital seulement).

La constitution particulière des os carpiens du Nandou ne résulte aucunement d'un processus régressif, mais, semble-t-il, d'une disposition primitive. Et cette étude sur les *Rheidæ* vient corroborer l'opinion de P. R. Lowe (1928) pour qui les Ratites seraient les représentants d'un phylum archaïque détaché, au cours des temps géologiques, de la souche aviaire ancestrale, avant qu'elle n'ait atteint son stade d'évolution vers la vie aérienne.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur les variations de l'excitabilité nerveuse sous l'influence des divers sucres.* Note de M. **Paul Chauchard**, Mme **Henriette Mazoué** et M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons précédemment constaté [1] que l'injection à un animal de quelques centigrammes de glucose ou de lévulose entraîne en 10 à 15 minutes un allongement des chronaxies nerveuses (suivi d'un retour progressif à la normale), indice d'une action nerveuse centrale dépressive. Cette propriété est remarquablement élective (moindre toutefois pour le lévulose que pour le glucose), puisque dans les mêmes conditions les autres sucres : galactose, saccharose, maltose, lactose, sorbitol et mannitol, demeurent inactifs. Il nous a paru intéressant de rechercher les effets de ces sucres, non plus après une injection unique mais sous l'effet d'injections quotidiennes répétées.

Nous avons donc administré chaque jour à des Rats blancs, par voie intrapéritonéale, 5^{cg} de glucose, de lévulose, de galactose, de saccharose, de maltose, de lactose, de sorbitol ou de mannitol, la mesure des chronaxies nerveuses motrices périphériques d'extension et de flexion des orteils étant pratiquée, selon notre technique habituelle, avant chaque injection.

---

(1) Mmes B. Chauchard et H. Mazoué, P. Chauchard et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 470.

L'effet de l'injection précédente une fois passé (lorsque celui-ci existe), les chronaxies reviennent d'abord à la normale; puis, comme il est de règle dans les actions chroniques, elles commencent à apparaître augmentées vers le 3[e] jour, signe d'une modification permanente. On observe alors une égalisation à niveau haut des chronaxies antagonistes, qui atteignent, vers le 5[e] jour, une valeur maxima 4 à 5 fois plus forte que la normale, chiffres auxquels elles se fixent. Ces résultats ne s'observent plus seulement avec le glucose et le lévulose, mais sont obtenus avec tous les sucres.

On note encore, sous l'effet de toute nouvelle injection de glucose ou de lévulose, une augmentation transitoire légère des chronaxies comme lors de l'injection unique; par contre aucune modification immédiate n'est enregistrée avec les autres sucres. Sur l'animal dont les chronaxies sont modifiées par effet chronique des sucres, le glucose et le lévulose conservent donc leur électivité d'action. Ceci est vrai dans tous les cas, qu'il s'agisse de l'injection du sucre lui-même responsable des modifications chronaxiques chroniques ou de tout autre sucre. Ainsi le glucose, injecté à un animal recevant quotidiennement du glucose, fait augmenter les chronaxies nerveuses et il en est de même quand le glucose est injecté à un sujet recevant antérieurement du galactose ou du mannitol. Inversement, le mannitol ou le galactose demeurent sans effet immédiat sur les chronaxies quand on les injecte à des sujets déjà soumis à l'action de ces sucres ou recevant antérieurement du glucose ou du lévulose.

Tout porte à croire que l'augmentation des chronaxies nerveuses, qui apparaît après les injections répétées des divers sucres, est sous la dépendance d'une augmentation du taux de glucose sanguin, quel que soit d'ailleurs le sucre en cause. L'effet serait direct dans le cas du glucose ou du lévulose et indirect dans le cas des sucres considérés comme inactifs, dont l'activité ne se manifeste qu'à la suite d'injections multiples. Il est probable, vu la lenteur de la réaction, que celle-ci emprunte l'intermédiaire de la transformation hépatique, les divers sucres étant capables d'élever, plus ou moins rapidement, la richesse du foie en glycogène.

Notons que ces processus concernent uniquement la voie parentérale, car par voie buccale l'ingestion d'un sucre inactif comme le galactose ne cause pas de perturbations chroniques sensibles des chronaxies nerveuses.

Conclusions. — Injectés quotidiennement par voie parentérale les différents sucres exercent sur les chronaxies nerveuses une action chronique, indice de dépression des centres nerveux.

Cette action chronique n'empêche pas l'action immédiate élective du glucose et du lévulose de se manifester, mais ne confère aucune propriété immédiate nouvelle aux autres sucres.

L'élévation chronique des chronaxies semble liée à la possibilité qu'ont les divers sucres de former du glycogène dans le foie et d'augmenter ainsi la teneur en glucose du sang.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La nériifoline, nouvel hétéroside digitalique de* Thevetia neriifolia. Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

Les hétérosides digitaliques contenus dans les fruits de *Thevetia neriifolia* Juss. ont fait l'objet de nombreuses études ([1]). Mais ce n'est qu'en 1934 que K. K. Chen et A. L. Chen ([2]) ont pu retirer un glucoside cristallisé, la thévétine, du bloc des hétérosides amorphes des noix de *Thevetia*. La thévétine, $[\alpha]_D^{20}$ $-62°,5$ (CH^3OH), est extraite avec un rendement d'environ 0,5 %. Tschesche ([3]) lui attribue la formule $C^{42}H^{66}O^{18}$.

Utilisant un procédé qui sera décrit ultérieurement, nous avons pu retirer des noix de *Thevetia*, avec un rendement d'environ 3 %, une nouvelle fraction cristalline de glucosides digitaliques. Cette fraction ne constitue pas un corps unitaire. En effet la détermination de son poids moléculaire par saponification de la fonction lactonique, selon Willstätter, et celle qu'on peut déduire du dosage de méthoxyle conduisent respectivement aux nombres 380 et 520. Comme d'autre part, on peut mettre en évidence la présence d'acide acétique dans les produits de saponification de l'hétéroside brut, nous avons été amené à considérer la fraction cristalline isolée comme un mélange, à peu près équimoléculaire, d'un hétéroside nouveau que nous désignons sous le nom de *nériifoline*, et de son dérivé monoacétylé.

Traitant alors l'hétéroside brut par la quantité calculée de potasse alcoolique, nous avons pu obtenir la nériifoline elle-même. Il faut d'ailleurs remarquer que la nériifoline et l'hétéroside brut, acétylés en présence de pyridine, conduisent à une acétylnériifoline unique.

La nériifoline cristallise facilement de l'alcool aqueux ou mieux encore de l'acétate d'éthyle en prismes de saveur amère. Elle fond vers 208°, $[\alpha]_D^{20}$ $-49°,5$ (CH^3OH). Elle donne les réactions de Legal et de Baljet, réactions caractéristiques des glucosides digitaliques. Les dosages de carbone, d'hydrogène et de méthoxyle conduisent à lui attribuer la formule brute $C^{30}H^{46}O^8$. Il faut mentionner toutefois, comme on l'a signalé déjà pour beaucoup de digitaliques, que la teneur en carbone donnée par l'analyse est un peu inférieure à celle qu'exigerait la théorie.

([1]) J. K. Lahiri, S. Ghosh et R. N. Chopra, *Arch. der Pharmaz*, **276**, 1938, p. 345.
([2]) *Journ. biol. Chemistry*, **105**, 1934, p. 231.
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, **69**, 1936, p. 2368.

La diacétylnériifoline, F 134°, $[\alpha]_D^{20}$ —80°(CH^3OH), obtenue par acétylation pyridinée, se dépose de l'alcool aqueux en longues aiguilles brillantes.

Comme la plupart des hétérosides digitaliques, la nériifoline s'isomérise en présence d'un léger excès de potasse alcoolique décinormale. On obtient ainsi l'*isonériifoline*, qui ne donne plus la réaction de Legal. Très peu soluble dans l'alcool, même à chaud, elle est aisément purifiable. Elle se présente sous forme de fines aiguilles, F 251°, $[\alpha]_D^{20}$ —72°($CHCl^3$). Par acétylation pyridinée elle fournit la diacétylisonériifoline, qui se sépare de l'alcool aqueux en aiguilles, F 222, $[\alpha]_D^{20}$ —88°,5($CHCl^3$), peu solubles dans l'alcool froid.

Il est à noter que les dosages de carbone exécutés sur l'isonériifoline et son dérivé acétylé ne présentent pas l'anomalie signalée ci-dessus pour la nériifoline et s'accordent bien avec les formules $C^{30}H^{46}O^8$ et $C^{34}H^{50}O^{10}$.

Par hydrolyse, la nériifoline donne naissance à une génine amorphe et à un glucide qui a pu être obtenu à l'état cristallin, sinon pur; ce glucide, qui contient un groupe méthoxyle est très soluble dans l'eau, l'alcool et l'acétone. Dissous dans l'eau, il présente un pouvoir rotatoire de —78° qui s'abaisse à —30° au bout de 2 heures. Ce glucide se laisse aisément acétyler en présence de pyridine, pour donner un dérivé triacétylé facilement recristallisable de l'alcool à 60°. Il se présente sous forme d'aiguilles, F 85-86°, $[\alpha]_D^{20}$ — 96°(CH^3OH). L'analyse conduit à lui attribuer la formule $C^{13}H^{20}O^8$. Le glucide lié à la génine dans la nériifoline est donc un méthylméthoxypentose. Cet ose n'étant identique à aucun des isomères connus, nous proposons de le désigner sous le nom de *thévétose*.

On déduit des résultats précédents que la nériifoline est constituée par l'union du thévétose avec une génine en C^{23} isomère de la digitoxigénine. Il est donc possible dans ces conditions que la nériifoline soit identique à la progénine, non isolée, de la thévétine.

CHIMIE MICROBIENNE. — *L'acide thymonucléique hautement polymérisé, principe capable de conditionner la spécificité sérologique et l'équipement enzymatique des Bactéries. Conséquences pour la biochimie de l'hérédité.* Note de MM. **André Boivin**, **Roger Vendrely** et Mme **Yvonne Lehoult**, présentée par M. Gaston Ramon.

On sait qu'il est possible d'obtenir, en culture, la transformation d'un type sérologique de pneumocoque en un autre, sous l'effet d'un extrait du second type agissant sur la forme *rugueuse* du premier; les Bactéries du second type apparaissent, dans les cultures, sous leur forme *lisse*. Avery, MacLeod et Mc Carty (1) viennent de donner de très sérieuses

(1) *Journ. exp. Med.*, 79, 1944, p. 137.

raisons de penser que le principe actif de l'extrait inducteur n'est autre que de l'acide thymonucléique. Les Américains ne paraissent pas avoir rencontré des phénomènes de transformation de l'équipement enzymatique des germes.

Nous avions déjà montré [2], que les Colibacilles peuvent exister sous de très nombreux types distincts, dont chacun est défini par la possession d'un polyholoside spécifique particulier, caractérisé tout à la fois par son comportement sérologique et par sa constitution chimique. Depuis lors nous sommes parvenus à réaliser un changement de type chez les Colibacilles. Nous avons pu obtenir, en même temps, un remaniement corrélatif dans l'équipement enzymatique des germes. Le principe actif responsable de cette double transformation est un acide thymonucléique.

Nous avons expérimenté sur deux types de Colibacilles retirés des matières fécales de l'homme normal, que nous désignerons par C_1 et C_2. C_1 renferme un polyholoside donnant la réaction des acides uroniques, pendant que C_2 contient un glucide de tout autre spécificité sérologique, qui ne présente pas cette réaction. Selon la règle les glucides spécifiques ne se rencontrent que dans la forme lisse des germes. Un extrait de C_1 lisse est préparé en abandonnant les germes à l'autolyse en présence de toluène, en centrifugeant pour éloigner les cadavres bactériens, puis en précipitant une fraction nucléoprotéidique à pH 3,5, qu'on purifie ensuite (élimination du glucide spécifique) par une série de reprécipitations au même pH. Vient-on à ajouter une trace (par exemple 1 mg/cm^3) de ce nucléoprotéide à une culture soit de C_1, rugueux, soit de C_2 rugueux, on aboutit, dans les deux cas, au bout de quelques jours, à une culture mixte contenant, à côté du germe ensemencé, la forme lisse de C_1, porteuse de son polyholoside à acides uroniques. En réalité on assiste non seulement à un changement de type, avec variation dans la constitution chimique du polyholoside spécifique, mais encore à un remaniement de l'équipement enzymatique du Colibacille soumis à l'action du nucléoprotéide inducteur : C_2 fait fermenter le saccharose (intervention d'enzymes *constitutifs* au sens de Karström), alors que C_1 originel, et que C_2 transformé en C_1, ne le font pas fermenter; bien mieux, ils ne peuvent pas même être amenés à attaquer ce sucre par *adaptation* progressive à un milieu où le saccharose représente la seule source de carbone organique.

L'activité inductrice de l'extrait nucléoprotéidique se retrouve dans l'acide nucléique, qu'on peut en isoler par une digestion pepsique suivie

---

[2] A. Boivin, L. Corre et Y. Lehoult, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, pp. 98, 257 et 432; **137**, 1943, pp. 42, 138, 410 et 714; *Bull. Acad. Méd.*, **127**, 1943, pp. 95, 125 et 162; *Rev. Immunol.*, **7**, 1942, p. 97.

d'une précipitation fractionnée par l'alcool additionné d'acide chlorhydrique. On aboutit, en réalité, à un mélange d'acide ribonucléique et d'acide thymonucléique, comme le montrent les diverses réactions colorées. L'activité persiste après action de la ribopolynucléotidase, mais elle est abolie par l'effet dépolymérisant de la thymopolynucléotidase. Un acide thymonucléique à haut degré de polymérisation est donc en cause.

On sait maintenant que la cellule bactérienne renferme un petit noyau à acide thymonucléique. Le principe, issu de C_1 et qui se montre capable d'imposer à C_2 une constitution moléculaire nouvelle pour son polyholoside et un équipement enzymatique nouveau, ne résulterait-il pas d'une simple *solubilisation* de l'appareil chromosomien rudimentaire de la bactérie C_1 ? L'hypothèse est assez vraisemblable et, si elle répond bien à la réalité, elle ouvre des horizons tout à fait nouveaux et combien prometteurs en ce qui concerne la biochimie de l'hérédité. En particulier, c'est du côté de l'acide nucléique et non plus de la protéine de la molécule géante de nucléoprotéide constituant un gène, qu'il faudrait chercher la raison des propriétés inductrices propres à ce gène. Cela conduirait à envisager la possibilité d'une structure (structure *primaire* ou plus vraisemblablement structure *secondaire*) susceptible de différencier entre eux les divers acides nucléiques à désoxyribose sous leur forme hautement polymérisée.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, qu'il vient d'apprendre, de M. **Georges Charpy**, Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie, survenu à Paris, le 25 novembre 1945, et lève la séance en signe de deuil.

Il en rappellera les travaux en la prochaine séance.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Grégoire Landsberg**, Membre de l'Académie des Sciences de l'Union des Républiques Soviétiques Socialistes, qui assiste à la séance.

MÉDECINE. — *Recherches sur les accidents du choc transfusionnel.* Note de MM. **Léon Binet**, **R. Benda** et **M. Burstein**.

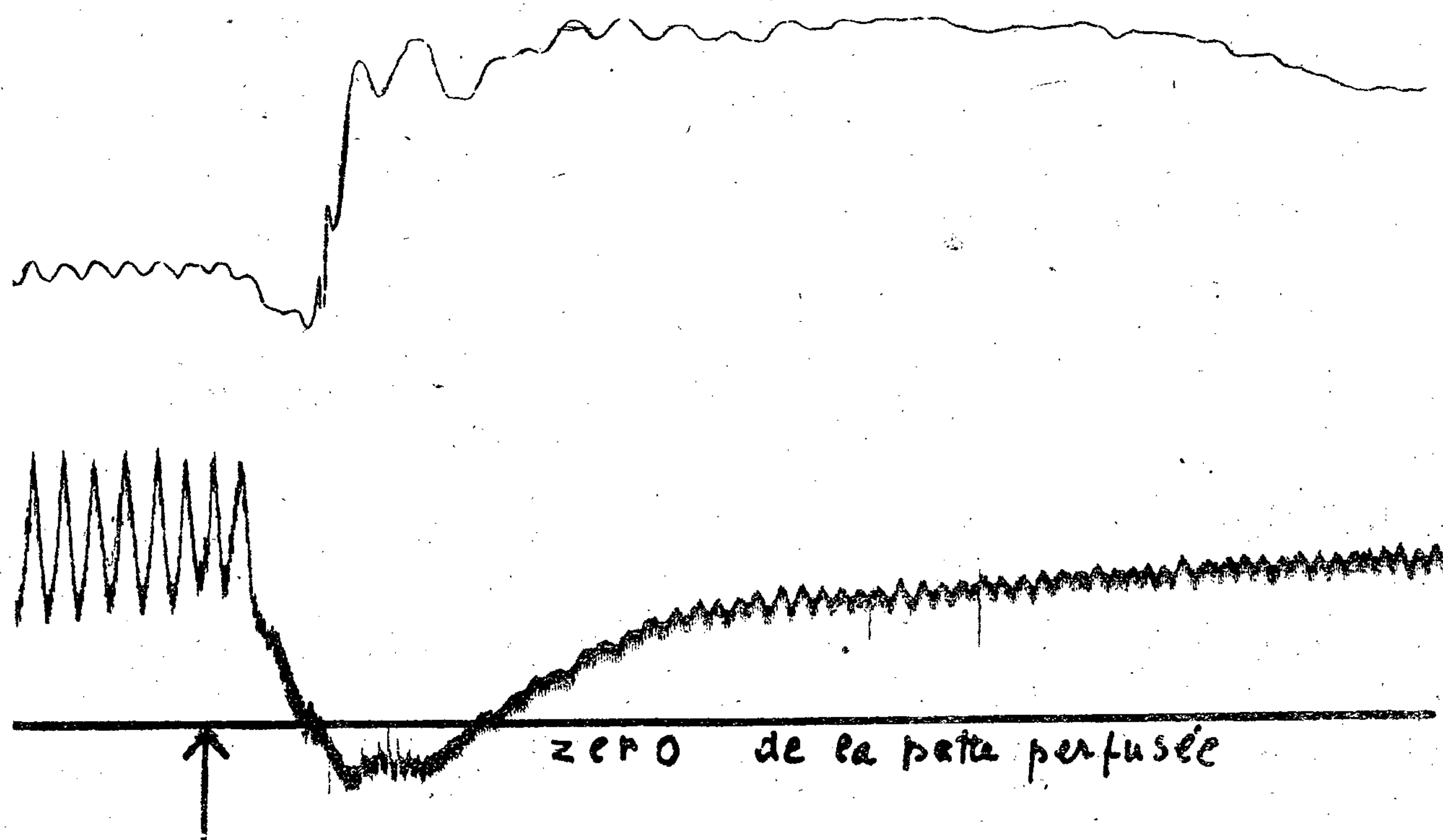
Au cours de nos recherches poursuivies sur l'animal recevant du sang frais ou du sang conservé, nous avons été amenés à considérer le comportement du chien soumis à une injection intraveineuse de sang humain (10 à 20^{cm^3}). Préalablement les globules rouges du donneur ont été éprouvés à l'égard du sérum du chien receveur et, dans toutes les expériences, le sérum de l'animal receveur agglutinait les hématies du sang humain injecté.

On conçoit que, dans ces conditions, l'animal ait présenté un choc accentué. Ce choc se traduit par une hypotension presque immédiate et par une réaction respiratoire caractérisée, soit par une simple diminution de l'amplitude, soit par de la bradypnée avec pauses respiratoires.

La durée et l'intensité du choc varient suivant la dose injectée et la sensibilité de l'animal. Dans quelques cas, le choc est mortel : on peut noter, en effet, à la suite de l'injection, un effondrement brusque et définitif de la tension avec arrêt respiratoire immédiat. Dans d'autres cas, il s'agit d'une simple hypotension passagère.

Notons que l'injection de plasma humain n'a pas déterminé d'état de choc.

Quel est le mécanisme de l'hypotension observée ? A quoi est dû le



Chien $11^{kg},500$. Patte énervée et perfusée. Débit 85^{cm^3} à la minute. Injection dans la veine jugulaire de 10^{cm^3} de sang humain du groupe A. Hypotension très marquée dans la grande circulation. Vaso-constriction énergique de la patte perfusée.

choc transfusionnel survenu à la suite de l'injection des globules rouges incompatibles ? La technique de la perfusion de la patte avec du sang circulant, que nous avons décrite ici antérieurement (1), nous a permis d'aborder ce problème. Nous avons constaté que l'injection du sang humain détermine chez le chien, en même temps qu'une hypotension générale, une vaso-constriction marquée des vaisseaux périphériques. Cette vaso-constriction existe même au niveau de la patte énervée où elle est due, très vraisemblablement, à une décharge d'adrénaline à la suite de l'hypotension. Il en résulte qu'il existe au cours du choc transfusionnel, comme après une hémorragie, une constriction des vaisseaux de la patte, constriction liée à une augmentation du tonus des centres vaso-moteurs et à une sécrétion accrue de la médullo-surrénale; le choc transfusionnel n'est donc dû, ni à une action vaso-dilatatrice propre du sang injecté, ni à la libération d'une substance vaso-dilatatrice du type histamine, ni à une inhibition des centres vaso-moteurs, ni à une paralysie du sympathique. En effet, dans tous les cas nous aurions dû enregistrer une vaso-

(1) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 211.

dilatation au niveau de la patte perfusée. Il nous paraît donc vraisemblable que le choc transfusionnel est dû à une diminution du débit cardiaque par insuffisance aiguë et passagère du myocarde. Dans ces hypotensions, d'origine cardiaque, dont l'aspect typique appartient à la phase tardive de l'asphyxie, on constate précisément une baisse de la tension générale et une vaso-constriction périphérique marquée. Seule, la pathogénie cardiaque du choc transfusionnel explique d'une manière satisfaisante les réactions vasculaires que nous avons enregistrées. Notons que le choc transfusionnel existe chez les animaux vagotomisés.

Notre attention a été attirée par le comportement de l'animal après une nouvelle injection du même échantillon de sang. Nous avons pu démontrer, en effet, qu'après le retour de la tension artérielle à la normale, une nouvelle injection de la même quantité du même sang ne détermine plus aucune hypotension ou seulement une hypotension peu marquée.

Nous rapportons divers protocoles d'expériences qui sont significatifs à cet égard.

I. Chien de 12^{kg}. — L'injection de 20^{cm^3} de sang humain du groupe B détermine une baisse profonde de la pression artérielle. Une nouvelle injection de la même dose ne détermine qu'une faible baisse.

II. Chien de 10^{kg},500. — Baisse prolongée de la pression artérielle après injection de 20^{cm^3} de sang du groupe B. Une nouvelle injection de 20^{cm^3} pratiquée 15 minutes plus tard ne détermine qu'une baisse fugace de la pression.

III. Chien de 17^{kg},500. — L'injection de 30^{cm^3} de sang du groupe B détermine une baisse brutale et prolongée (15 minutes) de la pression artérielle. Trois nouvelles injections de la même quantité du sang pratiquées ultérieurement sont sans effet sur la tension.

IV. Chien de 13^{kg}. — L'injection de 15^{cm^3} de sang du groupe A détermine une baisse prononcée de la pression. Une deuxième injection identique a un effet plus faible. Une troisième injection est entièrement inefficace.

V. Chien de 12^{kg}. — L'injection de 15^{cm^3} de sang du groupe A détermine une hypotension importante. Trois injections ultérieures du même sang à la même dose sont sans effet.

VI. Chien de 15^{kg}. — L'injection de 10^{cm^3} du sang du groupe B détermine une chute intense de la pression artérielle. Deux nouvelles injections de 20^{cm^3} du même sang ont un effet très peu marqué, surtout le deuxième.

Devant cet état réfractaire, nous nous sommes demandé si l'insensibilité de l'animal n'était pas due à la disparition du pouvoir agglutinant de son sérum. L'expérience nous oblige à rejeter cette hypothèse, puisque nous avons constaté que le sérum des animaux devenus réfractaires agglutinait normalement les globules rouges injectés; il est donc ainsi prouvé que l'état réfractaire n'est pas lié à l'absence d'un pouvoir agglutinant.

On ne peut s'empêcher, devant ces faits, de rappeler les expériences poursuivies par divers auteurs sur l'accoutumance rapide de l'animal vis-à-vis des extraits d'organes. Les physiologistes français (E. Gley, H. Roger) n'ont-ils pas décrit depuis longtemps la tachyphylaxie ou

tachycinésie aux extraits organiques? Les faits que nous venons de rapporter semblent plus complexes puisque les phénomènes d'agglutination interviennent ici dans la pathogénie du choc.

Il nous paraît donc intéressant de souligner la résistance acquise de l'organisme en présence d'un sang qui continue à être agglutiné. En effet l'agglutination persiste, mais l'animal reste bien portant.

M. **Joseph Pérès** fait hommage à l'Académie d'un fascicule et d'une *Circulaire* relatifs au Congrès national de l'Aviation française, tenu à la Sorbonne du 3 au 9 avril 1945, qu'il a présidé et au cours duquel il a prononcé une *Allocution*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la *Chaire de Photogrammétrie* vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Exposition des Ailes de France* 1945 (présenté par M. Joseph Pérès).

2° N. P. Romanoff. *On orthonormal systems* (présenté par M. Joseph Pérès).

GÉOMÉTRIE. — *Sur une proposition fondamentale de la théorie relativiste de la gravitation.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai consacré le Chapitre II de ma Thèse ([1]) à l'étude des espaces-temps extérieurs partout réguliers. MM. A. Einstein et W. Pauli sont revenus ([2]) sur ce problème. Je désirerais, dans la présente Note, indiquer l'état actuel de cette question qui est fondamentale pour la cohérence de la théorie relativiste de la gravitation et de l'électromagnétisme ([3]).

1. Les équations d'Einstein ne constituent qu'un système de conditions purement locales portant sur la métrique. Pour définir un modèle relativiste d'univers il convient de les compléter par des conditions de régularité.

([1]) *Sur certains problèmes globaux relatifs au système des équations d'Einstein.* Paris, 1939. Cf. aussi *Comptes rendus*, 206, 1938, pp. 157 et 313.

([2]) Einstein, *Rev. Univ. Tucuman*, 2, 1941, p. 11; Einstein and Pauli, *Ann. of Math.*, 44, 1943, p. 131.

([3]) L'idée de cette mise au point m'est venue à la suite d'un échange de lettres avec M. Pauli que je tiens à remercier très vivement ici.

Tout d'abord toute singularité du champ extérieur doit pouvoir être meublée par une distribution matérielle ou énergétique produisant un champ intérieur régulier, l'ensemble des divers champs intérieurs ainsi construits et du champ extérieur devant être *partout régulier*. C'est lorsque ces conditions sont remplies qu'on peut considérer le champ de gravitation comme *effectivement produit* par l'ensemble des distributions introduites. Dans le modèle d'univers ainsi réalisé, il doit être impossible d'introduire de nouvelles distributions, sinon la définition précédente perdrait toute espèce de sens. Inversement, dans tout domaine où une distribution peut être introduite, le champ extérieur doit donc présenter préalablement certaines singularités. S'il en est ainsi, un champ extérieur partout régulier ne peut contenir aucune distribution matérielle ou électromagnétique. Si l'on veut pouvoir assigner comme cause unique aux effets de gravitation l'existence de telles distributions, *un champ extérieur partout régulier doit être un champ sans gravitation, c'est-à-dire doit se réduire à un champ euclidien*. L'importance de cette proposition et la nécessité d'étudier mathématiquement pour quelles classes d'espaces-temps elle se trouve satisfaite, ont été signalées indépendamment par Hilbert ([4]), Levi-Civita ([5]) et Georges Darmois.

2. Un premier essai de démonstration a été donné par Hilbert dans le cas de ds^2 quasi euclidiens. Puis, dès 1918, M. Serini ([6]) établit la proposition pour les ds^2 statiques de Levi-Civita

$$ds^2 = V^2(x^1, x^2, x^3)(dx^4)^2 + g_{ij}(x^1, x^2, x^3)\,dx^i dx^j \qquad (i, j = 1, 2, 3).$$

Ce résultat a été retrouvé et complété par Racine ([7]), qui étudie aussi par approximations des familles d'espaces-temps plus générales que celles de Hilbert; ces approximations sont d'ailleurs parfois assez délicates. Enfin Racine établit pour la première fois que la proposition n'est certainement pas vérifiée pour les espaces-temps extérieurs les plus généraux euclidiens à l'infini.

3. Dans ma Thèse, j'ai établi la proposition pour les espaces-temps extérieurs statiques les plus généraux et pour des classes étendues d'espaces-temps non statiques, sous l'hypothèse que les sections d'espace sont soit closes, soit à comportement asymptotique euclidien avec à l'infini $g_{44} = 1 - \varepsilon_{44}$ ($\varepsilon_{44} \geqq 0$). C'est également au cas statique général que sont consacrés les travaux de MM. Einstein et Pauli, qui démontrent

---

([4]) *Gött. Nachr.*, 1916, p. 12.

([5]) *Atti Reale Acad. Linc.*, 26, 1917, p. 311.

([6]) *Atti Reale Acad. Linc.*, 27, 1918, p. 235.

([7]) *Le problème des n corps dans la théorie de la Relativité*. Paris, 1934. Cf. aussi *Journ. of Ind. Math. Soc.*, 2, 1936, p. 76.

qu'il ne peut exister d'espaces-temps extérieurs, réguliers statiques, euclidiens à l'infini et tels que $g_{44} = 1 - \mu/r + \ldots$ ($\mu \neq 0$). La comparaison de ce résultat avec les miens conduit aux remarques suivantes :

a. Les résultats se superposent partiellement puisque, dans le cas du domaine à l'infini, la proposition se trouve établie pourvu que $g_{44} \neq 1 + \varepsilon_{44}$, $\varepsilon_{44} \geqq 0$ tendant vers zéro plus vite que r^{-1}.

b. Bien que les méthodes employées soient différentes, le résultat d'Einstein-Pauli est une conséquence immédiate de mon théorème intégral (extension du théorème de Gauss au cas statique).

c. Ma méthode présente l'avantage d'être valable dans le cas où les sections d'espace sont closes. Elle établit, dans le cas du domaine à l'infini, un théorème de réduction à l'espace euclidien et non pas seulement un théorème de non-existence d'espace-temps régulier.

d. La méthode d'Einstein-Pauli s'étend par contre à la relativité à cinq dimensions et à la théorie unitaire.

e. Les hypothèses utilisées correspondent à des interprétations physiques assez différentes. Pour Einstein et Pauli un espace-temps qui contient une masse totale $\mu \neq 0$ ne peut être régulier. Mon raisonnement utilise essentiellement le fait que le potentiel g_{44} ne peut être partout supérieur à l'unité.

4. Dans le cas non statique, je signalerai le théorème nouveau suivant. Considérons un espace-temps extérieur (E) rapporté à des sections d'espace régulières quelconques et à des lignes de temps *géodésiques* (sur une épaisseur finie de temps). La forme quadratique de coefficients $\partial_4[ij;\,4]$ est supposée soit définie positive, soit identiquement nulle. Si les sections d'espace de E sont closes ou à comportement asymptotique euclidien avec à l'infini $g_{44} = 1 - \varepsilon_{44}$ ($\varepsilon_{44} \geqq 0$), l'espace-temps (E) ne peut être partout régulier sans se réduire localement à l'espace-temps euclidien.

La démonstration de ce théorème, qui s'effectue par une extension de ma méthode pour les ds^2 statiques, paraîtra dans un autre Recueil.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le problème de Dirichlet.*
Note de M. **Marcel Brelot**, présentée par M. Paul Montel.

1. L'application conforme d'un domaine sur un cercle, qui dissocie les points-frontière accessibles de plusieurs manières, devait poser le problème de Dirichlet avec des données-frontière dépendant des chemins d'accès groupés en classes d'équivalence. Ce problème a été examiné dans le plan au moyen de la représentation conforme par C. C. Evans [1]. Il fut repris de manière directe et dans l'espace ordinaire par F. W. Perkins [2], de La Vallée-Poussin [3],

(1) *Colloquium publications of the Am. Math. Soc.*, 6, 1927, pp. 71-85.
(2) *Trans. of the Am. Math. Soc.*, 38, 1935, p. 106.
(3) *Act. Sc. et Ind.*, 578, 1937, pp. 38-46.

Kappos [4], mais en se limitant à peu près à des données-frontière continues. Le problème ordinaire ou *simple* ayant été approfondi pour des données quelconques [5], il convient d'examiner le nouveau problème, qui sera dit *ramifié*, pour lui donner le même degré de généralité. On se placera dans l'espace rendu compact $\overline{R}_\tau$ (à $\tau \geqq 2$ dim.) par adjonction d'un point à l'infini [6]. En utilisant les résultats du problème simple et m'inspirant des travaux précités, j'ai obtenu, pour l'essentiel, ce qui suit.

2. Soit Ω un domaine de $\overline{R}_\tau$ et Q un point-frontière accessible. Soient L un arc d'accès de Q et δ le domaine composant de $\Omega \cap \omega$ (ω voisinage ouvert variable de Q) qui contient un arc partiel (de L) d'extrémité Q. Ce domaine dit associé à L décrit une base de filtre dit associé à L. Deux arcs d'accès de Q sont équivalents si les filtres associés sont identiques. On va étudier les couples (Q, $\mathcal{L}$), où Q est accessible et $\mathcal{L}$ une classe d'équivalence d'arcs d'accès.

Selon une idée de Mazurkievicz [7] retrouvée par Choquet [8], prenons sur Ω comme distance de deux points M_1, M_2 la borne inférieure des diamètres (dans une métrique de $\overline{R}_\tau$) des continus de Ω contenant M_1, M_2 et complétons cet espace avec prolongement de la métrique. On obtient un espace $\mathcal{C}$ dont les nouveaux éléments sont les classes d'équivalence des filtres de Cauchy non convergents de Ω; les filtres-intersection sont justement les filtres associés aux (Q, $\mathcal{L}$), couples ainsi identifiables aux nouveaux éléments. Ceux-ci forment un ensemble $\mathcal{E}$ qui est comme $\mathcal{C}$ un espace métrique complet de base dénombrable. On mettra l'indice $\mathcal{C}$ pour les limites dans la topologie de $\mathcal{C}$.

3. Supposons Ω de complémentaire non polaire.

Lemme. — Si u sous-harmonique dans Ω, bornée supérieurement, satisfait à $\limsup_{M\in\Omega, M\to\alpha}^{\mathcal{C}} u(M) \leqq 0$, quel que soit α de $\mathcal{E}$, sauf peut-être pour des (Q, $\mathcal{L}$) dont les Q forment un ensemble de mesure harmonique intérieure nulle, alors $u \leqq 0$.

Introduisons les analogues des $\overline{H}_f$, $\underline{H}_f$ du problème simple.

THÉORÈME 1. — *Soit sur $\mathcal{E}$ une fonction réelle f (de valeurs finies ou $\pm\infty$). On considère dans Ω, u valant $-\infty$ ou sous-harmonique bornée supérieurement satisfaisant à*

$$\limsup_{M\in\omega, M\to\alpha}^{\mathcal{C}} u(M) \leqq f(\alpha),$$

quel que soit $\alpha \in \mathcal{E}$.

L'enveloppe supérieure des u, soit $\underline{H}'_f$, vaut $-\infty$, $+\infty$ ou est harmonique. Si $\overline{H}'_f = -\underline{H}'_{(-f)}$, on a $\underline{H}'_f \leqq \overline{H}'_f$ et l'égalité en un point entraîne l'égalité partout. Si elle a lieu avec une valeur finie, on note celle-ci H'_f, f étant dite résolutive.

---

[4] *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa*, 2e série, **11**, 1942, pp. 43-63.

[5] BRELOT, *Acta Szeged*, **9**, 1939, p. 133.

[6] BRELOT, *Annales de l'École Normale supérieure*, **61**, 1944, p. 301.

[7] *Fundamenta Math.*, **26**, 1936, p. 153.

[8] *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 279.

THÉORÈME 2. — *Soit* φ *sur la frontière* $\overset{\star}{\Omega}$ *dans* $\overline{R}_\tau$ *et* φ' *sur* $\mathcal{E}$ *définie en la prenant en* $(Q, \mathcal{L})$ *égale à* $\varphi(Q)$. *Alors* $\underline{H}'_{\varphi'} = \underline{H}_\varphi$.

Régularité. — $(Q, \mathcal{L})$ est dit régulier, si Q est régulier (au sens du problème simple) pour un domaine associé aux arcs de $\mathcal{L}$.

THÉORÈME 3. — Q *est régulier pour* Ω (*au sens du problème simple*), *si* $(Q, \mathcal{L})$ *est régulier pour tous les* $\mathcal{L}$ *relatifs à* Q.

THÉORÈME 4. — *Si* f *est bornée supérieurement sur* $\mathcal{E}$ *et* α *régulier de* $\mathcal{E}$,

$$\limsup_{M\in\Omega,\, M\to\alpha} \overline{H}'_f(M) \leq \limsup_{P\in\mathcal{E},\, P\to\alpha} f(P).$$

THÉORÈME 5. — *Toute fonction* θ *bornée continue sur* $\mathcal{E}$ *est résolutive.*

THÉORÈME 6. — *Prolongeons* θ *selon* Φ *continue bornée dans* $\mathcal{C}$. *Soit dans* Ω, ω_n *ouvert croissant de limite* Ω *avec* $\overline{\omega}_n \subset \Omega$. *Alors* $H_\Phi^{\omega_n} \to H'_f$.

THÉORÈME 7. — *La classe des* θ *et la fonctionnelle* $H'_0(M)$ *pour* M *fixé répondent aux conditions qui permettent d'en déduire l'intégrale de Daniell* ([9]). *Les semi-intégrales de Daniell sont* $\overline{H}'_f(M)$ *et* $\underline{H}'_f(M)$ *et la sommabilité de* f *équivaut à la résolutivité.*

Il y correspond une mesure dite mesure harmonique *ramifiée* avec laquelle on peut étendre, souvent de façon immédiate, les applications de la mesure harmonique simple, en particulier dans la théorie des fonctions de variable complexe.

CINÉMATIQUE. — *Définition cinématique d'oscillations de relaxation discontinues.* Note de M. **Jean Abelé**, présentée par M. Camille Gutton.

J'ai proposé ([1]) une définition cinématique des oscillations de relaxation qui conduit au système d'équations paramétriques

$$z = \cos\theta - f(\sin\theta), \tag{1}$$

$$\omega t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{-\sin\theta\, d\theta}{\dfrac{dz}{d\theta}}; \tag{2}$$

θ désigne l'angle décrit par un vecteur unitaire OM animé d'un mouvement plan de rotation autour de O; z désigne la projection de ce vecteur effectuée sur un diamètre ZZ′ du cercle décrit par M, parallèlement à un axe YY′ oscillant autour de O. La fonction arbitraire f est l'ordonnée, dans un système orthogonal (OX, OZ), de la courbe décrite par la projection de M sur YY′. Cette courbe, que j'ai appelée la *génératrice* de l'oscillation de relaxation, relie l'oscillation de l'axe YY′ à la rotation du vecteur OM.

([9]) J. Daniell, *Annals of Math.*, 19, 1917-1918, p. 279.

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 511; *Journ. de Phys.*, 8e série, 6, 1945, pp. 96-103.

Pour qu'au système d'équations (1)-(2) corresponde une oscillation jouissant des propriétés des oscillations de relaxation, la génératrice doit : 1° passer par l'origine O; 2° être tangente en O à OX; 3° traverser OX en O.

Si l'on suppose la fonction f continue ainsi que ses dérivées, cette triple condition entraîne que f, f' et f'' s'annulent chaque fois que $\sin\theta$ s'annule. On définit ainsi une classe d'oscillations de relaxation *continues*, les seules que j'ai considérées jusqu'ici. La plus simple est obtenue en posant $f(\sin\theta) = a\sin^3\theta$, le domaine des valeurs de a étant limité à l'intervalle $(-2/3, +2/3)$ pour des raisons qu'il n'est pas essentiel de rappeler. Les équations (1)-(2) deviennent en ce cas

$$z = \cos\theta - a\sin^3\theta, \tag{3}$$

$$\omega t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{1 + 3a\sin\theta\cos\theta}. \tag{4}$$

J'ai discuté ces équations et j'ai formé l'équation différentielle qui leur correspond ([2]).

Si l'on abandonne l'hypothèse de la continuité pour f'', il suffit que f'' *change de signe,* sans nécessairement s'annuler, lorsque $\sin\theta$ s'annule pour que, f et f' étant supposés nuls, la génératrice traverse l'axe OX en O. Ce point est alors, si f'' change de signe en s'annulant, un véritable *point d'inflexion* et, si f'' change de signe sans s'annuler, un *pseudo-point d'inflexion,* caractérisé par la variation discontinue de la courbure de la génératrice.

L'exemple le plus simple de génératrice présentant un *pseudo-point d'inflexion* est offert par la courbe que l'on obtient en raccordant les moitiés, symétriques par rapport à O, de deux paraboles identiques opposées par le sommet et admettant comme axes OZ et OZ'. On a alors

$$f(\sin\theta) = a\sin^2\theta \quad \text{pour} \quad 2K\pi < \theta < (2K+1)\pi,$$
$$f(\sin\theta) = -a\sin^2\theta \quad \text{pour} \quad (2K+1)\pi < \theta < (2K+2)\pi,$$

a est positif ou négatif suivant le choix des demi-paraboles conservées et compris entre $-1/2$ et $+1/2$ pour les mêmes raisons auxquelles il a été fait ci-dessus allusion.

Les équations (1)-(2) deviennent alors

$$z = \cos\theta - \frac{a\sin^3\theta}{|\sin\theta|}, \tag{5}$$

$$\omega t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{1 + \dfrac{2a\sin\theta\cos\theta}{|\sin\theta|}}, \tag{6}$$

en remarquant que le rapport $\sin\theta / |\sin\theta|$ passe brusquement de la valeur $+1$

([2]) *Loc. cit.*, pp. 100-103.

à la valeur -1 ou réciproquement, chaque fois que θ passe par un multiple de π.

L'intégration du second membre de (6) s'effectue sans difficulté dans les intervalles où $\sin\theta/|\sin\theta|$ conserve la même valeur, et les solutions peuvent être réunies dans une même expression par un artifice analogue à celui qui vient d'être employé.

On passe de même facilement des équations (5)-(6) à l'équation différentielle du second ordre qui leur correspond par un calcul analogue à celui que j'ai donné pour les équations (3)-(4) ([3]). Cette équation permet de rendre compte du fonctionnement d'un oscillateur de relaxation à variation brusque de régime, les discontinuités portant sur les forces et non sur les vitesses.

Ajoutons qu'il est intéressant de comparer entre elles les courbes relatives aux systèmes d'équations (3)-(4) et (5)-(6) et de comparer les unes et les autres aux oscillogrammes des divers types d'oscillateurs de relaxation.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Les représentations spinorielles, supérieures, du groupe de Lorentz et la théorie des corpuscules de masse et de spin multiples*. Note de M. **Bernard Kwal.**

Désignons par $D_{1/2}$, $D_{1/2,1/2}$, $D_{1/2,1/2,1/2}$, $D_{1/2,1/2,1/2,1/2}$, ..., $\underbrace{D_{1/2,\ldots,1/2}}_{k} = D_{(1/2)k}$ les représentations faisant intervenir respectivement un spineur (ξ), un couple de spineurs $[{}^{(1)}\xi,\ {}^{(2)}\xi^*]$, une triade $[{}^{(1)}\xi,\ {}^{(2)}\xi^*,\ {}^{(3)}\xi]$, une tétrade $[{}^{(1)}\xi,\ {}^{(2)}\xi^*,\ {}^{(3)}\xi,\ {}^{(4)}\xi^*]$ etc., et un groupe de K spineurs $[{}^{(1)}\xi, \ldots, {}^{(k)}\xi]$. La représentation primaire donne naissance à l'équation d'onde

$$\mathcal{D}^{\dot\beta\alpha}\xi_\alpha = 0, \tag{1}$$

qui est celle d'un corpuscule de spin 1/2 et de masse au repos nulle ($P^2 = w^2/c^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2 = 0$). La représentation secondaire $D_{1/2,1/2}$ (de Dirac) donne naissance aux équations d'onde

$$\left\{\begin{array}{ll} \mathcal{D}^{\dot\beta\alpha\,(1)}\xi_\alpha = \dfrac{i}{\hbar}\,{}^{(2)}\xi^{\dot\beta}, & \mathcal{D}_{\alpha\dot\beta}\,{}^{(2)}\xi^{\dot\beta} = \dfrac{i}{\hbar}\,{}^{(1)}\xi_\alpha, \\ {}^{(2)}\xi^1 = -\,m_2\,{}^{(2)}\xi_2, & {}^{(2)}\xi^2 = m_1\,{}^{(2)}\xi_1, \\ \mathcal{D}_{1\dot1} = \dfrac{1}{m_2^2}\,\mathcal{D}^{2\dot2}, & \ldots, \end{array}\right. \tag{2}$$

qui sont celles d'un corpuscule de spin 1/2, dont la masse admet, en valeur absolue, deux valeurs propres m_1 et m_2, $(P^2 - m_1^2)(P^2 - m_2^2) = 0$.

Dans le cas $D_{1/2,1/2\,1/2}$ nous avons $P^2(P^2 - m_1^2)(P^2 - m_2^2) = 0$ et

$$\mathcal{D}^{\dot\beta\alpha\,(1)}\xi_\alpha = \frac{i}{\hbar}\,{}^{(2)}\xi^{\dot\beta}, \qquad \mathcal{D}_{\alpha\dot\beta}\,{}^{(2)}\xi^{\dot\beta} = \frac{i}{\hbar}\,{}^{(3)}\xi_\alpha, \qquad \mathcal{D}^{\dot\beta\alpha\,(3)}\xi_\alpha = 0; \tag{3}$$

([3]) *Loc. cit.*, pp. 101-102.

et, dans le cas $D_{1/2, 1/2, 1/2, 1/2}$, $(P^2 - m_1^2)(P^2 - m_2^2)(P^2 - m_3^2)(P^2 - m_4^2) = 0$, avec les équations d'onde

$$(4)\quad \left\{\begin{array}{ll} \mathcal{D}^{\dot\beta\alpha\,(1)}\xi_\alpha = \frac{i}{\hbar}\,{}^{(2)}\xi^{\dot\beta}, & \mathcal{D}'_{\alpha\dot\beta}\,{}^{(2)}\xi^{\dot\beta} = \frac{i}{\hbar}\,{}^{(3)}\xi_\alpha, \\ \mathcal{D}^{\dot\beta\alpha\,(3)}\xi_\alpha = \frac{i}{\hbar}\,{}^{(4)}\xi^{\dot\beta}, & \mathcal{D}''_{\alpha\dot\beta}\,{}^{(4)}\xi^{\dot\beta} = \frac{i}{\hbar}\,{}^{(1)}\xi_\alpha, \\ {}^{(4)}\xi^{1} = -m_3\,{}^{(4)}\xi_2, & {}^{(4)}\xi^{2} = m_4\,{}^{(4)}\xi_1, \\ \mathcal{D}''_{1\dot 1} = \frac{1}{m_3^2}\mathcal{D}^{2\dot 2}, & \ldots \end{array}\right.$$

D'une manière générale la représentation $D_{(1/2)k}$ permet de définir un corpuscule de spin 1/2 et de masse admettant k valeurs propres dont une $= 0$, lorsque k est un nombre impair. Le produit direct de représentations $D_{(1/2)k}$

$$(5)\quad D_{(1/2)k} \times D_{(1/2)k} \times \ldots \times D_{(1/2)k} \qquad (2j \text{ facteurs})$$

décrit un corpuscule de spin, $2j$ à $2j.k$ valeurs propres de la masse, mais la représentation irréductible $D_{\underbrace{j,j,\ldots,j}_{k}} = D_{(j)k}$, qui est de rang $C_{2j+2k-1}^{2j}$, ne demande que k valeurs propres.

Ainsi a-t-on, pour $D_{1,1}$ (méson vectoriel), deux valeurs propres m_1 et m_2, et les équations d'onde s'écrivent

$$(6)\quad \left\{\begin{array}{ll} \mathcal{D}^{\dot\beta_1\alpha_1}\xi_{(\alpha_1\alpha_2)+} = \frac{i}{\hbar}\xi\left({}^{\dot\beta_1}{}_{\alpha_2}\right)_+, & \mathcal{D}_{\alpha_1\dot\beta_1}\xi\left({}^{\dot\beta_1}{}_{\alpha_2}\right)_+ = \frac{i}{\hbar}\xi_{(\alpha_1\alpha_2)+}, \\ \mathcal{D}^{\dot\beta_2\alpha_2}\xi\left({}^{\dot\beta_1}{}_{\alpha_2}\right)_+ = \frac{i}{\hbar}\xi'^{(\dot\beta_1\dot\beta_2)+}, & \mathcal{D}_{\alpha_1\dot\beta_1}\xi'^{(\dot\beta_1\dot\beta_2)+} = \frac{i}{\hbar}\xi\left({}_{\alpha_1}{}^{\dot\beta_2}\right)_+, \end{array}\right.$$

avec

$$(7)\quad \xi_{(\alpha_1\alpha_2)+} = \xi_{(\alpha_2\alpha_1)+}, \qquad \xi'^{(\dot\beta_1\dot\beta_2)+} = \xi'^{(\dot\beta_2\dot\beta_1)+} \quad \text{et} \quad \xi\left({}_{\alpha_1}{}^{\dot\beta_2}\right)_+ = \xi\left({}^{\dot\beta_2}{}_{\alpha_1}\right)_+;$$

$$(8)\quad \left\{\begin{array}{llll} \xi'^{11} = m_2^2\xi'_{22}, & \xi'^{12} = -m_1 m_2\xi'_{21}, & \xi'^{22} = m_1^2\xi'_{11}, & \\ \xi_1{}^1 = -m_2\xi_{12}, & \xi_1{}^2 = m_1\xi_{11}, & \xi_2{}^1 = -m_2\xi_{22} & \text{et} \quad \xi_2{}^2 = m_1\xi_{21} \end{array}\right.$$

et

$$(9)\quad \mathcal{D}_{11} = \frac{1}{m_2^2}\mathcal{D}^{22}, \qquad \mathcal{D}_{12} = -\frac{1}{m^1 m_2}\mathcal{D}^{21}, \qquad \mathcal{D}_{21} = -\frac{1}{m_1 m_2}\mathcal{D}_{12} \quad \text{et} \quad \mathcal{D}_{22} = \frac{1}{m_1^2}\mathcal{D}^{11}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déterminations viscosimétriques sur les alginates de soude considérés comme colloïdes. Utilisation de la formule d'Eilers.* Note [1] de M. **Robert Darmois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons effectué ces mesures pour des viscosités comprises entre 80 poises et des valeurs voisines de quelques dix-millièmes de celle de l'eau pure. La température est maintenue fixe à 20°,00.

---

[1] Séance du 15 octobre 1945.

L'appareillage comprend trois viscosimètres à écoulement et à niveaux superposés; les capillaires ont des sections très différentes. Les temps correspondants d'écoulement de l'eau pure sont : 2,10 seconde (calculé); 43,80 s (calculé); 270,00 s (mesuré). Le dernier viscosimètre est d'un type spécial, que j'ai imaginé pour l'étude des solutions étendues. J'ai obtenu une température fixe au 1/250 de degré à l'aide d'un ultra-thermostat, dont l'eau est réchauffée par une lampe de 250 W à rayons infrarouges extérieure à celui-ci. Les temps sont repérés avec un chronomètre au 1/100 de seconde.

L'alginate de soude ([2]) est le sel de l'acide alginique, complexe plus ou moins polymérisé de structure cellulosique, extrait des algues. Nos mesures ont d'abord porté sur ses solutions aqueuses. Les concentrations en grammes pour 10 cm³ de solution sont déterminées par pesées, pour $C_v > 0,050$ g. Les viscosités sont prises par rapport à l'eau. Les substances employées ont des masses moléculaires de 110000, 55000, 2640 et 400.

Dans ces conditions, pour M = 110000, les résultats sont les suivants :

C_v.	η_r.	C_v.	η_r.	C_v.	η_r.
0,391	8116	0,138	250,6	0,011	4,981
0,302	3146	0,106	97,3	0,007	3,965
0,203	801	0,066	31,36	0,004	2,850

La courbe représentative de la viscosité relative en fonction de la concentration montre un point d'inflexion vers $C_v = 0,020$. Le quotient $(\eta_r - 1)/C$ croît lorsque C décroît, alors qu'on attendrait plutôt l'inverse; ceci est dû à la dissociation; la loi de Staudinger $(\eta_r - 1)/C$ lim. $= kM$ ([3]) ne peut s'appliquer.

Les résultats sont semblables pour les trois autres alginates.

La formule due à Eilers ([4]) peut ici se mettre sous la forme

$$\sqrt{\eta_r} - 1 = \frac{k_1 . C_v}{1 - k_2 C_v}.$$

Elle s'applique au cas où les particules en solution ne sont pas solvatées et possèdent une voluminosité constante à concentrations variables. Appliquée à nos résultats et aux concentrations supérieures à celles où la dissociation apparaît, elle donne les valeurs suivantes pour les constantes k_1 et k_2 :

M	110000.		55000.		2640.		400.	
k_1	111	à 54	65	à 25,6	1,14	à 1,10	0,190	à 0,180
k_2	1,32	3,40	1,00	3,33	0,018	0,00	0,00	0,20

La méthylcellulose (M = 80000 environ), non dissociée aux faibles concentrations, donne 35 à 31 pour k_1 et 2,4 à 2,6 pour k_2. D'autre part la limite de $(\sqrt{\eta_r} - 1)/C$ pour $C = 0,0056$ est de 37 environ, ce qui est en accord avec les

([2]) Colomb, *Revue Teintex*, 2, fév. 1938, p. 94; 12, déc. 1939, p. 653.

([3]) *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, pp. 97-121.

([4]) (*Amsterdam*) *Kolloïd Zeits.*, 102, fév. 1943, p. 154.

valeurs de k_1 calculées par la formule d'Eilers, aux concentrations plus élevées.

On a donc des indications sur la variation de voluminosité de ces corps avec la concentration. Dans une même série elle est plus grande pour les longues molécules que pour les courtes, vraisemblablement parce que la voluminosité de ces dernières est faible. La solvatation augmenterait donc avec la longueur de ces molécules.

D'autre part l'augmentation anormale de viscosité relative, au voisinage de l'origine, serait due à la dissociation des particules, qui, en plus des ions Na^+, émettraient d'autres ions, sans doute H^+, puisque la méthylcellulose n'est pas dissociée; de ce fait la solvatation serait accrue par suite du champ électrique plus important au voisinage des molécules.

Pour tous ces corps $(\sqrt{\eta_r} - 1)/C$ tend vers une limite pour C petit, ce qui ndiquerait une dissociation totale.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'inflammation spontanée des mélanges d'air et d'acétal diéthylique.* Note de MM. **Pierre Dugleux** et **Paul Laffitte**.

Les déterminations ont été faites par la méthode statique à l'aide d'un *pyromètre* en silice fondue de 12^{cm} de longueur et de 17^{mm} de diamètre, dans lequel on réalisait avant chaque expérience un vide de l'ordre de 10^{-4} mm. Le mélange gazeux était préparé par synthèse à partir d'air desséché et privé de CO^2 et d'acétal dont le point d'ébullition et l'indice de réfraction avaient les valeurs suivantes :

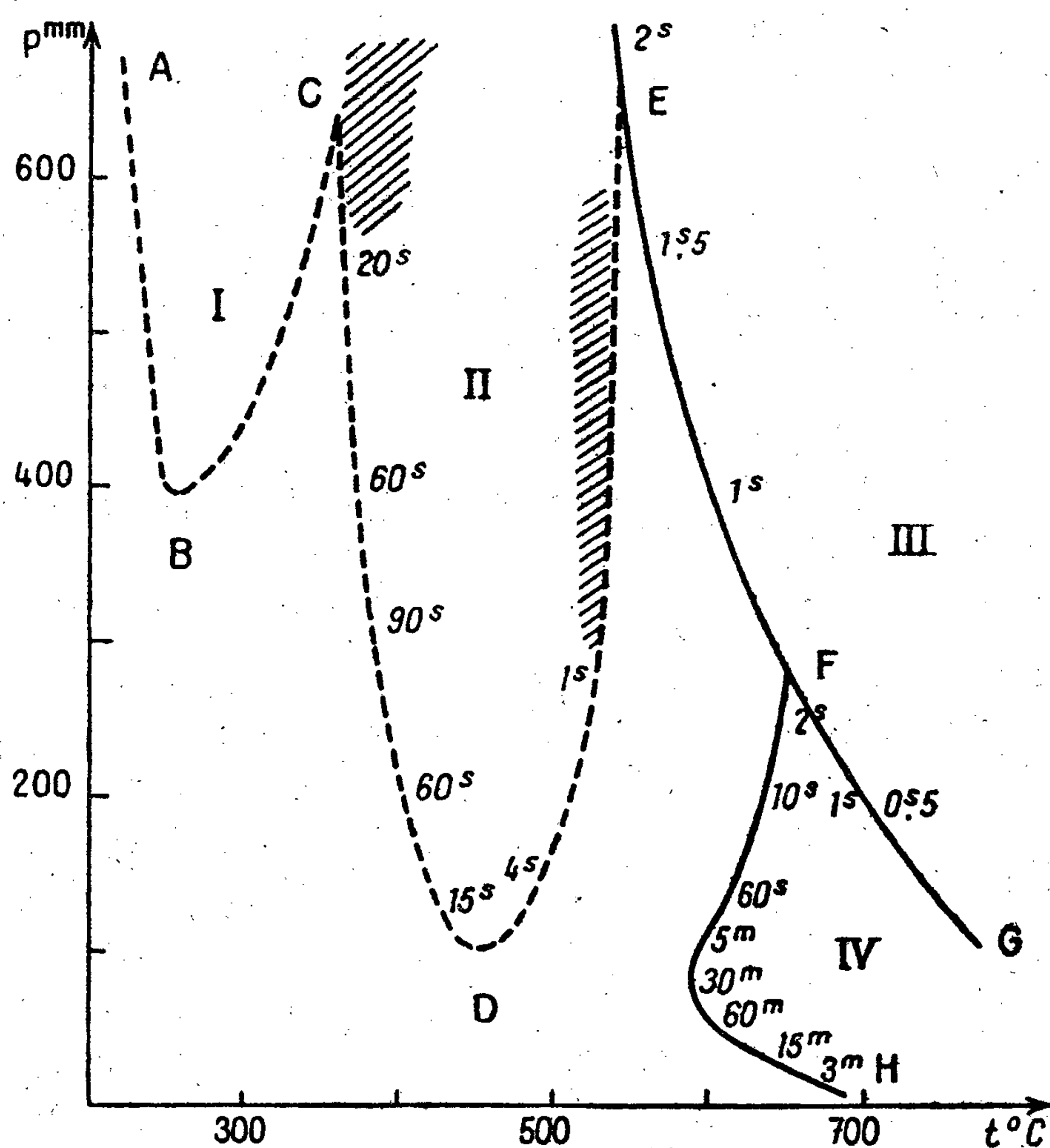
$$t^{\circ}\text{C.} = 103^{\circ},6 \pm 0^{\circ},05 \, (p = 763^{mm}), \qquad n_D^{20^{\circ}} = 1,318 \pm 0,001.$$

Pour les *mélanges à 2 % d'acétal* et pour les pressions inférieures à 760^{mm}, le diagramme d'inflammabilité se divise en deux groupes de régions bien distinctes, suivant que l'on se trouve au-dessous ou au-dessus de 540°. Dans le premier (régions I et II), on observe des flammes froides ou des luminescences très faibles. Dans le second (régions III et IV), on a des flammes violentes et très lumineuses pour les pressions élevées. En dehors de ces régions aucun phénomène lumineux n'est perceptible.

Dans la *région* I limitée par ABC (B 257°; 396^{mm}. C 360°; 640^{mm}), après un retard très faible (il atteint un maximum inférieur à une seconde sur ABC) on observe une luminosité bleu pâle dont l'intensité atteint très rapidement (0,25 à 0,5 sec.) son maximum, puis décroît lentement pour s'annuler au bout d'un temps (6 à 10 sec.) qui est minimum le long de ABC. Il semble que l'on ait affaire à une *flamme froide;* d'ailleurs la région I correspond au domaine habituel des flammes froides. Cependant il pourrait aussi s'agir d'une luminescence d'autant plus fortement dissymétrique que l'on est plus éloigné de la courbe ABC. La luminosité, toujours extrêmement faible (et cela d'autant plus que la température et la pression sont plus basses), n'est visible qu'après une accoutumance de 15 min. environ à l'obscurité absolue.

La *région* II, limitée par CDE (D 456°; 100^{mm}. E 541°; 660^{mm}), est le siège de

luminescences bleu clair et d'une intensité qui, quoique toujours très faible, croît avec la température et la pression. Mais le retard et la durée du phénomène (laquelle est comprise entre quelques secondes et une minute) diminuent lorsque la température croît. Dans la



zone hachurée, au voisinage de la région I, on observe la succession des deux phénomènes relatifs aux régions I est II : d'abord la flamme froide, puis après quelques secondes, la luminescence. Dans la zone hachurée, le long de DE (pressions comprises entre 260^{mm} et 600^{mm}), les luminescences se présentent sous forme de pulsations rapides analogues à des flammes.

La *région* III, limitée par EFG, est relative à des *flammes brutales* avec un retard (noté sur la courbe) toujours très faible et décroissant lorsque la température s'élève. Ces flammes se propagent à grande vitesse et communiquent à l'appareil un choc nettement perceptible. Elles sont très brillantes et d'un bleu d'autant plus foncé que la température est plus basse et la température plus élevée.

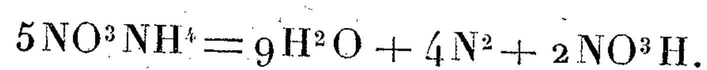
Enfin la *région* IV, limitée par les courbes FG et FH (F 651°; 283^{mm}), est caractérisée par des *flammes à très long retard* assez analogues aux flammes brutales, mais d'un bleu plus clair, moins lumineuses et plus lentes. La courbe séparant les régions III et IV est déterminée par la différence d'allure des flammes de part et d'autre de FG, mais surtout par la discontinuité des retards dans chaque région. Le long de FH ces retards croissent rapidement pour atteindre un maximum de *une heure*, puis décroissent aux très basses pressions. De plus, à l'intérieur de la région IV, les retards augmentent très rapidement au voisinage de la limite FH; à proximité de celle-ci une faible variation de température ou de pression amène une variation considérable de la valeur du retard et qui ne peut être déterminée qu'avec une précision de l'ordre de 10 %.

Il faut noter que toutes les régions, et en particulier I et II, sont sensibles à

l'état d'activation de la paroi et à la valeur du vide préliminaire réalisé dans le pyromètre. Les mesures ne sont reproductibles que si l'état de la paroi est le même, et il est nécessaire, avant chaque série de déterminations, de faire un certain nombre d'inflammations préliminaires. Ce nombre, de 4 ou 5 aux basses températures, peut être réduit à 2 pour les flammes brutales. Lorsque le pyromètre n'a pas servi depuis une quinzaine d'heures et si l'on ne prend pas cette précaution, un mélange combustible situé à l'intérieur d'une des régions d'inflammation, non loin de la limite, peut fort bien ne pas s'enflammer. De même, lors du tracé des courbes, on n'obtient pas de résultats cohérents si l'on passe brusquement d'une région à l'autre du diagramme; et il semble qu'à une région déterminée corresponde un état donné de la paroi, état qui n'est atteint qu'après de nombreuses expériences.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une décomposition du nitrate d'ammonium.* Note de M. **Pierre Montagne**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La décomposition du nitrate d'ammonium ne se produit que si l'on opère sur le sel solide; plusieurs formes de réactions peuvent avoir lieu simultanément, mais il est rare que la décomposition réponde à une seule réaction. Par contre les solutions aqueuses, et particulièrement les solutions étendues, sont rebelles à la décomposition. Nous avons pu cependant réaliser la décomposition à basse température de solutions de ce sel en les maintenant en contact d'un catalyseur convenable. D'après les analyses et les mesures, la décomposition qu'on observe est régie par l'équation



$$5NO^3NH^4 = 9H^2O + 4N^2 + 2NO^3H.$$

Cette réaction se produit lentement dès la température ordinaire; pour l'étudier, nous avons opéré à la température d'ébullition de la solution sous la pression ambiante; en opérant ainsi la réaction est accélérée et la vapeur d'eau entraîne le gaz dégagé au fur et à mesure de sa production et le conduit sur la cuve à eau, où on le recueille. La solution que nous décomposons est environ décinormale et la décomposition, qui demande de 1 à 2 heures pour être totale, se poursuit jusqu'à disparition complète des ions ammonium. Le gaz dégagé est de l'azote.

Les bilans d'azote : azote dégazé, azote resté en solution sous forme ammoniacale et nitrique, confirment que la réaction est bien celle que nous avons écrite. Les résultats suivants s'appliquent à une même quantité de solution contenant 20,1 millimolécules de sel, ayant subi plus ou moins longtemps l'action du catalyseur :

Volume d'azote dégagé (en cm³).	Millimol. d'azote.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.	Total.	Fraction de décomposition (α).
53,1	2,37	8,7	9,15	20,2	0,14
129,7	5,79	6,4	7,8	20,0	0,36
171,5	7,66	5,5	6,95	20,1	0,46
299,5	12,9	2,25	5,15	20,3	0,78
336,5	15,0	1,02	4,25	20,25	0,90
358	16,0	0,1	4,0	20,1	0,99

Les nombres de molécules d'azote dégagé, d'ammonium et d'acide nitrique restant dans la solution sont entre eux comme $0{,}8\,\alpha$, $(1-\alpha)$ et $(1-0{,}6\,\alpha)$. Le léger écart observé dans les bilans vient de l'air dissous dans l'eau de la cuve où se dégage l'azote entraîné par la vapeur d'eau, air qui se dégage au moment où la vapeur d'eau se condense.

Ces bilans sont obtenus en soumettant la solution plus ou moins décomposée à la distillation en milieu alcalin, d'abord sans aucune addition, puis après l'action de l'alliage de Dewarda et en titrant l'ammoniac dégagé.

Les catalyseurs que nous avons employés sont des métaux de la mine du platine sous forme de noirs, obtenus par voie humide en réduisant les sels par l'hydrazine ou les formiates, ou en déplaçant les métaux par l'aluminium ou le magnésium. Le platine et l'iridium ainsi préparés sont très actifs. Les différents échantillons de noirs, préparés dans des conditions apparemment identiques, présentent des différences d'activité et la dessiccation les rend inertes; la mousse de ces métaux est dénuée d'activité.

La réaction que nous observons est une des sept réactions possibles de décomposition signalées par Berthelot [1]; de toutes ces réactions c'est celle dont le dégagement de chaleur est le plus élevé (37,5 Cal/mol). Aucune autre réaction ne se produisant, on constate que l'action du catalyseur est bien d'amener d'emblée le système instable nitrate d'ammonium à la forme la plus stable sans s'arrêter à aucun des degrés intermédiaires.

Nos essais nous ont aussi montré que, si la réaction est facile en solution pure, elle cesse très vite de se produire en présence d'ions étrangers; les métaux précipités doivent être lavés avec grand soin. Aussi l'utilisation de cette réaction pour le dosage des ions NO_3^- ou NH_4^+ semble bien difficile, malgré sa simplicité et sa sensibilité, puisqu'une millimolécule de sel donne près de 20^{cm^3} de gaz. Nous avons aussi, mais sans succès, cherché à appliquer cette réaction à d'autres sels d'acides oxygénés, perchlorate, chromate.

En résumé, nous avons montré que, par l'emploi d'un catalyseur, la solution de nitrate d'ammonium peut donner lieu, dès la température ordinaire, à une réaction régulière de décomposition qui n'avait jamais été

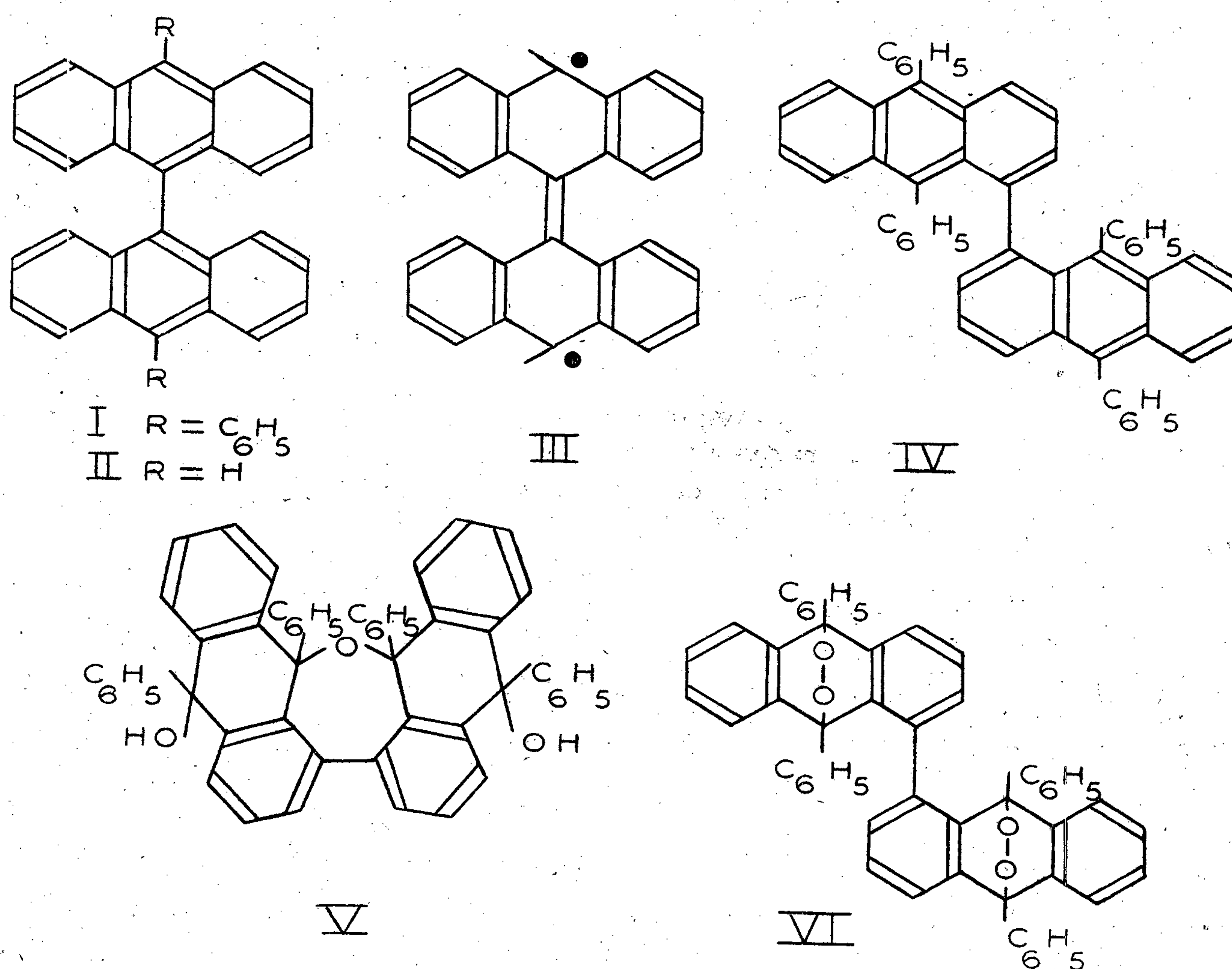
---

(1) *Sur la force des matières explosives*, Paris, 1883; I, p. 20; II, p. 183.

obtenue, mais qui a été prévue par Berthelot. Cette réaction met en évidence le fait très rare d'un sel neutre se transformant spontanément en donnant naissance à un acide fort.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Photooxydation du tétraphényl-9.10.9'.10' dianthryle-1.1' : un bisphotooxyde.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Georges Sauvage**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant essayé antérieurement d'obtenir un bisphotooxyde à partir du mésodianthranyle diphénylé (I), nous avions eu la surprise de constater que



ce corps résistait à la photooxydation, et qu'il en était de même pour le mésodianthranyle simple (II) [1]. Transposée suivant la théorie de la mésomérie, l'explication qui en avait été donnée [2] revenait à admettre que deux noyaux anthracéniques, quand ils sont unis entre eux par un de leurs mésosommets, constituent un système résonnant homogène, unique, ce qui a pour résultat d'écarter sur les deux mésosommets extrêmes

(1) Ch. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 600.
(2) Ch. Dufraisse, *Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 447.

les centres d'activité chimique [voir, par exemple, le schéma (III) représentant l'une des formules limites]; la molécule d'oxygène est alors incapable de s'unir simultanément aux deux sommets actifs et la photooxydation ne peut s'ensuivre.

Si une telle interprétation était correcte, il était à prévoir qu'en unissant les deux anthracènes par un sommet autre que méso, on devait laisser une plus grande indépendance aux deux systèmes résonnants : la bisphotooxydation devait alors être possible. C'est ce que nous avons observé.

Le mésotétraphényldianthryle-α (tétraphényl-9.10.9'.10' dianthryle-1.1') (IV) a été préparé à partir de la dianthraquinone-α. La phénylation de ce corps par le phényllithium a donné un seul des six tétraquinols que prévoit la théorie. C'est une substance incolore ($C^{52}H^{38}O^{4}$), qui, cristallisée dans le xylène, retient une molécule de solvant et l'abandonne au-dessus de 200° avec fusion peu nette vers 225°; privée de solvant à 220°, elle fond instantanément à 309-310°. Chauffée dans l'acide acétique, elle perd rapidement une molécule d'eau en donnant un anhydride ($C^{52}H^{36}O^{3}$) répondant vraisemblablement à la formule (V). Ce produit est incolore lui aussi et pratiquement insoluble dans les solvants usuels; à l'ébullition, le nitrobenzène et la tétraline n'en dissolvent que très peu; par contre il est assez soluble dans la pyridine pour pouvoir être purifié dans ce solvant. Il fond instantanément à 516-518° et sublime presque inaltéré sous haut vide (1/1000 de mm. Hg), alors que le tétraquinol dont il provient se décompose dans les mêmes conditions. Le passage à l'hydrocarbure par la réduction habituelle du quinol à l'iodure de potassium en milieu acétique est fortement gêné par la production de cet anhydride, peu attaquable en raison de son insolubilité. Pour réduire celui-ci, il faut élever la température de la réaction à 200° (tube scellé). On obtient ainsi l'hydrocarbure (IV) ($C^{52}H^{34}$), en cristaux jaune pâle, fondant instantanément à 405-406°, sublimables sous haut vide et donnant des solutions fluorescentes.

Contrairement aux corps mésodianthranylés de type (I), l'hydrocarbure (IV) est photooxydable; il est même plus sensible que les arylanthracènes simples, puisque la réaction est terminée en une durée aussi exceptionnellement courte que 3 minutes par grand soleil. Deux bisphotooxydes stéréoisomères ($C^{52}H^{34}O^{4}$) (VI) pourraient théoriquement en résulter; nous n'en avons obtenu qu'un. Il se présente en cristaux incolores se dissociant sans fondre à 190° avec restitution de 95 % d'oxygène libre; la dissociation se produit donc d'une manière normale comme dans le cas du mésodiphénylanthracène simple. Il n'a pas été relevé d'indice permettant de supposer que la photooxydation, pas plus que la dissociation, ait lieu en deux temps par l'intermédiaire d'un monophotooxyde.

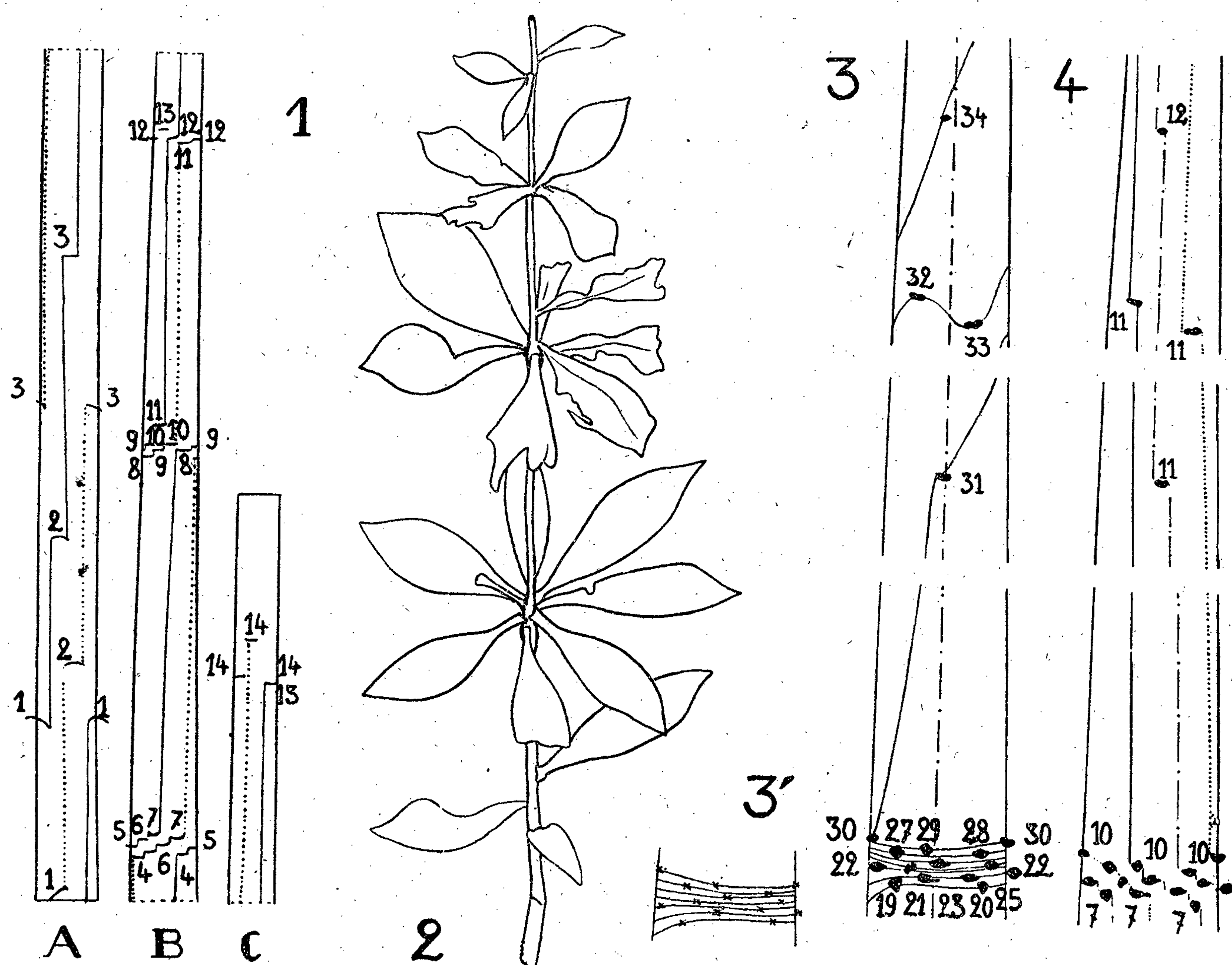
On voit ainsi que le mode de couplage de deux restes anthracéniques agit puissamment sur leur réactivité : suivant que les mésosommets sont, ou non, directement unis entre eux, il se manifeste deux ou quatre points d'activité, conformément à la théorie mentionnée plus haut, dont le bien-fondé se trouve confirmé par là.

Le bisphotooxyde que nous décrivons est le premier exemple d'un composé contenant deux molécules d'oxygène libérable.

BOTANIQUE. — *Sur la phyllotaxie du* L. Martagon *L.*
Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Louis Blaringhem.

J'ai étudié (¹) la loi phyllotaxique réalisée dans le genre *Lilium* et montré comment, à la notion classique de la spirale génératrice, doit être substituée une notion nouvelle définissant la réalité phyllotaxique, celle des hélices foliaires multiples.

A vrai dire cette notion a été établie sur des échantillons appartenant aux espèces *L. candidum*, *tigrinum*, *testaceum*; elle peut *a priori* paraître inapplicable au cas des Lis dits verticillés (*L. Martagon* L., *L. canadense* L., *L. pardalinum* Kellog.).



1. Tige feuillée de *Lilium Martagon* comportant 3 faux-verticilles. — 2. Étude phyllotaxique de cette tige : 2 hélices foliaires de 14 feuilles chacune. — 3. Partie supérieure d'une tige étudiée par Schoute et comportant 10 pas de la « spirale » dont 7 au niveau du faux-verticille; phénomène de *métatopie* pour les feuilles 32 et 33 : l'entre-nœud 32-33 a une longueur négative. — 4. La même portion de tige interprétée par la théorie des hélices multiples; le faux-verticille comporte les feuilles 7 à 10 de chaque hélice.

L. Martagon forme au-dessus du bulbe une hampe florale dont la partie moyenne comporte deux ou trois verticilles, alors que vers le bas et vers le haut les feuilles sont éparses (*fig.* 1). Le nombre total des feuilles demeure

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 422.

toujours assez faible, de l'ordre d'une quarantaine au plus pour une tige dont la hauteur, au-dessous de la grappe florale, atteint de 30 à 50^{cm}. Chacun des verticilles comporte au maximum 15 feuilles, au minimum 5 d'après les données classiques. Le *L. Martagon* se prête donc d'une manière particulièrement favorable à une étude phyllotaxique et de nombreux travaux lui ont été consacrés. Le plus important est celui de J. C. Schoute [2], qui, 1° a conclu, après Gœbel, que la verticillation n'est qu'apparente (verticillation de croissance) et 2° s'est ingénié à retrouver la spirale génératrice et les orthostiques; il a ainsi pensé pouvoir définir une divergence constante, et calculer l'angle de divergence séparant deux feuilles successives le long de la spirale.

La première conclusion de Schoute est vérifiée par mes recherches; la verticillation apparente est la conséquence d'une différence d'élongation des entrenœuds, dit Schoute, des segments foliaires, dirai-je. Les uns sont très allongés et leur présence détermine l'existence de parties exemptes de feuilles; les autres sont très courts et donnent naissance aux faux-verticilles.

La deuxième conclusion est inexacte. Là, pas plus que pour les autres espèces étudiées du genre *Lilium*, il n'y a pas de spirale génératrice caractérisée par une divergence constante. Si Schoute avait étudié des tiges de *L. Martagon* variant des tiges feuillées les plus grêles, ne portant pas de fleurs et qui correspondent au premier développement caulinaire d'un bulbe donné, aux plus grosses tiges des bulbes adultes portant jusquà 15 fleurs, il eût constaté des divergences variant entre 1/2 et 1/5.

D'autre part, Schoute rencontre de graves difficultés dans le tracé de la spirale génératrice; il est obligé d'envisager que celle-ci présente des déformations ou *métatopies* (*fig.* 3); une certaine insertion foliaire peut se développer à un niveau supérieur à celui qui correspond à son ordre de succession dans la phyllotaxie primitive; aussi un entrenœud peut-il avoir une longueur négative (*negative length*); sur près de 80 entrenœuds dont les longueurs sont données, il y a 13 *negative internodes* dont le plus considérable a -14^{mm}.

Au contraire, appliquant la règle de contiguïté des segments foliaires successifs, qui m'a permis de montrer un ordre rigoureux là où la théorie de la spirale génératrice était absolument inapplicable, on retrouve sans peine, chez *L. Martagon* lui-même, les hélices multiples. Dans le bas et le haut de la tige, ces hélices ont sensiblement les mêmes caractères que chez les autres *Lilium* étudiés, avec toutefois un espacement longitudinal particulièrement grand des insertions foliaires. Au niveau des faux-verticilles, ces espacements deviennent très faibles, mais entre une insertion

---

[2] J. C. SCHOUTE, *Rec. Trav. bot. Néerlandais*, **19**, 1922, p. 184.

et l'insertion suivante s'intercale toujours un entrenœud de longueur positive; les hélices conservent leur sens de rotation du bas de la tige, mais leur pas devient tout à fait serré. La tige dont je donne le dessin (*fig.* 2) comporte deux hélices, celle qu'avait figurée Schoute, trois hélices (*fig.* 4). Il n'y a aucune difficulté d'interprétation analogue à la métatopie définie par Schoute.

ANTHROPOLOGIE. — *L'Homme fossile de Rabat.* Note de M. **Henri-V. Vallois**, présentée par M. Louis Fage.

En 1933 M. Marçais signalait la découverte fortuite de restes humains fossiles dans une carrière de grès quaternaires à Rabat. Situés à 5^m environ de profondeur, ces restes étaient inclus dans une ancienne dune que Neuville et Ruhlmann ([1]) datent de la phase sèche intermédiaire aux deux dernières périodes pluviales de l'Afrique du Nord, tandis que Bourcart ([2]) l'estime contemporaine de la grande transgression tyrrhénienne. Sous des interprétations différentes, on doit donc les considérer comme antérieurs à la glaciation wurmienne.

Déposés à l'Institut de Paléontologie humaine, ces restes n'ont jamais été étudiés. Leurs seules parties utilisables sont la moitié droite de la voûte palatine avec le rebord antérieur du maxillaire et la plus grande partie du corps de la mandibule; les dents correspondantes sont présentes. Il s'agissait d'un sujet masculin qui n'avait pas dépassé 16 ans.

Le morceau de maxillaire supérieur montre que la face était prognathe et probablement privée de fosse canine, caractère très archaïque. La voûte palatine est remarquablement volumineuse. Son aire, prise selon la méthode de Keith, mesure $35^{cm^2},4$ contre 25 aux Européens actuels : ce chiffre s'inclut tout à fait parmi ceux relevés pour les Néanderthaliens.

La mâchoire inférieure présente une série de dispositions primitives. Très large par rapport à sa hauteur, elle atteint, au niveau du trou mentonnier, une épaisseur de 18^{mm}, chiffre exceptionnel, même chez les Hommes fossiles. Ceci donne un indice de robustesse de 55,5, supérieur à celui de presque tous les Néanderthaliens, et comparable à celui du Sinanthrope. Il n'y a pas de menton et l'angle symphysien de Broca vaut 98°. La face postérieure de la symphyse possède un torus transversal. Sous celui-ci, une large fosse remplace les apophyses géni supérieures, et les inférieures sont soudées en une crête médiane. Très émoussées, les empreintes du muscle digastrique sont reportées sur le bord inférieur de l'os. Enfin le trou mentonnier est dédoublé à droite. Absents ou excep-

---

([1]) *Bull. et Mém. Soc. d'Anthropologie de Paris*, 1942, p. 74.
([2]) *Revue scientifique*, 81, 1943, p. 311.

tionnels chez les Hommes actuels, tous ces caractères sont typiques des Hommes de Néanderthal et des Préhominiens.

Les dents ont des dimensions qui dépassent de beaucoup celles des Européens actuels, surtout en ce qui a trait à la largeur (épaisseur). Un caractère spécial est la présence, sur la plupart des dents inférieures et quelques-unes des supérieures, d'un bourrelet cingulaire à saillie bien marquée, identique à celui observé sur les dents du Sinanthrope. Un tel caractère n'a jamais été signalé chez l'Homme, même celui de Néanderthal.

Les incisives s'articulent en bout à bout, comme chez tous les Hommes fossiles. Celles du bas forment, avec les canines correspondantes, une rangée presque transversale, au lieu de décrire un arc de cercle. Faible en bas, le tubercule lingual est beaucoup plus fort sur les incisives supérieures dont la face postérieure est spatulée, mais bien moins que chez les Mongols et le Sinanthrope.

Les canines inférieures sont incisiformes; elles ont le même type que chez les Néanderthaliens. Les supérieures ressemblent tout à fait à celles du Sinanthrope : un gros bourrelet, émané du cingulum, limite de chaque côté leur face linguale et la crête médiane de celle-ci est dédoublée. La pointe de la dent dépasse légèrement le plan des incisives.

Les prémolaires inférieures sont très caractéristiques. Elles sont dissymétriques, avec le grand axe de la face d'occlusion oblique en arrière et en dedans et non transversal. Sur P^1, le cuspide lingual est très développé, beaucoup plus que chez les Hommes actuels et que chez la plupart des Néanderthaliens. Sur P^2, la moitié distale de la dent forme un véritable talon, et il y a deux racines. Une telle disposition rappelle absolument ce que l'on observe chez les Anthropoïdes et le Sinanthrope. L'Homme de Néanderthal, à ce point de vue, est beaucoup plus près des Hommes actuels.

Sur les prémolaires supérieures, les cuspides ont un dessin complexe qui rappelle à la fois ceux du Sinanthrope et des Néanderthaliens. P^2 a une seule racine et extrêmement longue; P^1 en a deux, mais le fait est encore fréquent de nos jours.

Les molaires sont remarquables par le grand développement des cavités pulpaires; elles sont taurodontes, caractère commun chez les Néanderthaliens et constant chez le Sinanthrope, mais exceptionnel chez les Hommes actuels. M^1 et M^3, seules présentes en bas, sont très volumineuses et M^1 dépasse M^3, comme chez les Singes. M^1 a cinq tubercules; le plus développé est le métaconide qui vient au contact de l'hypoconide, selon le *type Dryopithèque*. M^3 a six tubercules, du *type* +. Son absence complète de réduction la différencie nettement de celle de l'Homme actuel.

En haut, M^1 et M^2 sont seules conservées et, ici aussi, M^1 est un peu moins grande. Les couronnes sont très renflées à leur base, comme chez le Sinanthrope. Les cuspides donnent naissance à des crêtes accessoires

qui masquent le dessin primitif, mais la crête transversale normale fait défaut sur M^1, la crête oblique sur M^2, nouveaux caractères sinanthropiens. L'hypocône n'a pas trace de réduction.

En résumé, la mandibule et les dents de l'Homme de Rabat montrent un ensemble remarquable de caractères primitifs dont beaucoup rappellent ceux des Néanderthaliens, tandis que d'autres sont plus près du Sinanthrope. L'Homme de Rabat n'était certainement pas un *Homo sapiens*. Sans doute était-ce un Néanderthalien, mais plus archaïque que ceux d'Europe. C'est la première fois que l'existence de cette espèce disparue est constatée en Afrique dans un gisement géologique bien daté.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Étude du mécanisme d'action des hormones sexuelles. Sur les conditions humorales qui président aux néoformations physiologiques et pathologiques.* Note [1] de M. **Israël Grundland**, présentée par M. Robert Courrier.

L'hyperpolypeptidémie accompagne la néoformation, tant physiologique (gestation) que pathologique (cancer). Elle favorise la croissance des néoplasmes greffés [2]; Reding [3] obtient même des tumeurs à la suite d'injections prolongées de solutions albumineuses aux souris. Ces fractions aminées passent dans les urines de cancéreux [4]. Les urines de femme enceinte produisant des modifications dans le tractus génital des animaux, nous avons recherché le rôle éventuel de la fraction protéique qui dialyse dans ces urines.

Soumettant des animaux aux injections de polypeptides [5] nous avons observé des phénomènes préparatoires de l'œstrus. Cependant nous n'avons pu obtenir la prolifération épithéliale intense accompagnée de kératinisation comme dans un rut normal.

De l'étude des substances œstrogènes (hormones folliculiniques et carbures cancérigènes), il ressort que ces corps appartiennent au groupe des lipides, ou sont susceptibles d'être véhiculés par les solvants des corps gras. Migliavacca [6] a montré d'autre part, le pouvoir lipopexique de la muqueuse vaginale.

Il nous a paru intéressant d'adjoindre à l'action des polypeptides celle d'une molécule lipidique de complexité variée. Nous avons observé ainsi la sommation de l'excitation générale (polypeptidémie) et de l'excitation locale en fonction du pouvoir émulsionnant de la muqueuse vaginale vis-à-vis des molécules lipidiques. Nous avons aussi étudié l'action de l'excitation locale seule produite par les molécules lipidiques seules.

---

(1) Séance du 17 septembre 1945.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **131**, 1939, p. 889.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 450.
(4) Grundland, *Thèse fac. de Méd. de Paris,* 1938.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, **128**, 1938, p. 997; **131**, 1939, p. 887.
(6) *Zeits. für Zellforsch. u. mikr. Anat.*, Berlin, **17**, 1933, p. 681.

Nous avons opéré sur la Rate castrée : pendant les deux premiers jours, injection quotidienne de 2$^{cm^3}$ de solution polypeptidique (à 0^{mg},57 d'azote aminé par centimètre cube, pH 6,8). Pendant les 3 jours suivants on continue le traitement aux polypeptides et l'on y ajoute 0^g,5 de lipides variés. On sacrifie les animaux au 7e jour et l'on examine leurs frottis vaginaux et la structure du tractus génital, que l'on compare à ceux d'animaux castrés ou traités à la folliculine.

Polypeptides + lécithine	+ +	sécrétion éphémère intrication des stades 4 à 5 strates
» + acétate d'amyle	o	–
» + adipate d'éthyle	o	–
» + acide chaulmogrique (émulsion)	+ + +	œstrus
» + acétate de benzyle	+	faible réaction œstrale
» + palmitate »	+ + +	œstrus
» + benzoate »	+ +	légère desquamation à cellules nucléées, 4 strates

La complexité des substances lipidiques varie ici avec la longueur de leur chaîne carbonée et l'adjonction d'éléments cycliques. Employées seules, ces substances n'aboutissent à aucun résultat sensible dans nos expériences. Mais, associées aux polypeptides, elles provoquent, suivant leur complexité, l'œstrus, décelable par le frottis et par la stratification intensive de la muqueuse vaginale, un véritable processus de néoformation physiologique.

Plus le lipide est complexe, plus son action est persistante, la durée de sa présence étant fonction du pouvoir émulsionnant des différents tissus et de leur capacité d'intégration.

Il a été vu que la muqueuse vaginale avait cette propriété (Migliavacca observe l'existence d'un pouvoir lipopexique de la muqueuse vaginale). Il en ressort que l'introduction de molécules lipidiques constitue bien une excitation locale pour le tractus génital. Cependant celle-ci est incapable seule d'entraîner la réaction spécifique de l'organe. Associée à l'excitation générale réalisée par l'hyperpolypeptidémie, l'excitation locale dévie le potentiel de réaction de l'organisme vers un point particulier de l'économie en faisant alors jouer le mécanisme habituel.

Nous avons vu dans un travail antérieur le pouvoir favorisant la croissance des néoplasmes de l'hyperpolypeptidémie expérimentale; le caractère indispensable de l'intervention des polypeptides dans la poussée cellulaire physiologique au niveau du tractus génital que constitue l'œstrus, prouve que l'hyperpolypeptidémie appartient au syndrome humoral dont la résultante est la tumeur. Et elle n'est pas simplement la conséquence, le résultat de la lyse cellulaire et mise en circulation des fragments protéiques des cellules cancéreuses nécrosées.

Cette indication de grande importance est susceptible d'être à l'origine d'un traitement étiologique des néoformations pathologiques. En effet l'hyperpoly-

peptidémie s'accompagne généralement de l'hypochlorémie ([7]) et en agissant sur cette dernière, on peut espérer de diminuer le taux dans le sang des fragments aminés aptes à former le protoplasme cellulaire.

Il ressort de nos expériences qu'en reproduisant les conditions chimiques et physiques qui accompagnent la présence des hormones sexuelles dans l'organisme, on peut aboutir au même résultat physiologique. Ce résultat (l'œstrus) n'est pas lié à la structure moléculaire puisque des substances différentes réalisant les conditions prévues et telles que le palmitate de benzyle d'une part et le cholmograte de Na associés aux polypeptides nous ont donné l'œstrus.

Nos expériences prouvent d'autre part que la néoformation cellulaire physiologique et pathologique est sous la dépendance de l'hyperpolypeptidémie. La tumeur est donc la résultante, le symptôme clinique de ce trouble humoral, qui se caractérise entre autres par l'augmentation du taux des fragments aminés ionisés dans le sang.

PARASITOLOGIE. — *Cycle évolutif du trématode* Leptophallus nigrovenosus, *parasite de la Couleuvre à collier* (Tropidonotus natrix) *et, expérimentalement, de la Vipère* (Vipera aspis). Note de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude systématique des cercaires des mollusques d'eau douce du domaine de Richelieu et des localités voisines nous a permis de trouver, au cours de l'été 1944, chez d'assez nombreuses *Limnaea stagnalis* et quelques *L. limosa*, une cercaire dont la forme adulte vit dans la bouche et l'œsophage de la Couleuvre à collier. Ce trématode appartient au genre *Leptophallus*, dont le cycle évolutif complet était inconnu, bien que Ercolani en ait décrit très sommairement quelques stades.

Parmi les quatre espèces de métacercaires trouvées chez les têtards d'alyte, nous avions été frappé par la morphologie de l'une d'elles qui présentait un gros calcul dans chacun des trois lobes de la vésicule excrétrice, et nous avons été agréablement surpris de voir que l'une des cercaires armées, parasite du mollusque *Limnæa palustris*, donnait cette métacercaire en s'enkystant chez les têtards.

Sur 523 *Limnæa stagnalis*, pesant de 3 à 6^{g}, nous avons observé des xiphidiocercaires chez 97 mollusques et, parmi ces dernières cercaires, 25 étaient entomotropes et s'enkystaient dans le corps de nombreuses larves d'insectes aquatiques, tandis que les cercaires des 72 autres lymnées ne s'enkystaient que chez les têtards de batraciens anoures et urodèles. Chez ces animaux, les cercaires donnaient en 48 heures des métacercaires

---

([7]) M. Polonowski, Ch. Grandclaude et J. Drissens (*C. R. Soc. Biol.*, 131, 1934, p. 1071) ont observé l'hypochlorémie chez les cancéreux avant et en cours de curiethérapie.

typiques, renfermant les trois calculs caractéristiques dans leurs lobes vésicaux. C'est grâce à ce caractère morphologique qu'il nous a été possible d'établir avec certitude le cycle évolutif du *Leptophallus nigrovenosus* et de critiquer les résultats des expériences trop peu précises d'Ercolani.

Les cercaires ont une biologie intéressante à étudier. Leur émission hors du mollusque s'effectue déjà à la température de 8° C., mais elle est surtout intense à des températures oscillant entre 25 et 30° C., leur sortie est plus intense le jour que la nuit et est favorisée par le soleil.

Les cercaires sont infectieuses et très agressives dès leur émission; les têtards, mis avec elles, sont rapidement attaqués. Les cercaires se fixent sur leurs proies par la ventouse orale et font agir vivement leur stylet qui perce la peau. Quand celle-ci est perforée, après 10 ou 15 minutes d'efforts, la cercaire pénètre et abandonne sa queue; elle chemine alors plus ou moins loin dans les tissus où elle détermine souvent des hémorragies et elle s'y enkyste dans une mince paroi protectrice qu'elle sécrète.

Comme nous l'avons déjà signalé, les cercaires du *Leptophallus* ne sont nullement attirées par les arthropodes aquatiques; par contre, elles assaillent en grand nombre tous les différents points du corps, et surtout la queue des têtards d'*Alytes obstetricans*, de *Rana esculenta*, de *Rana agilis*, de *Molge palmata* et de *Molge cristata*. Les poissons attirent peu ces cercaires. Une épinochette s'est montrée réfractaire, mais un chabot femelle adulte présentait le cinquième jour, dans sa queue, 20 métacercaires typiques avec leurs trois calculs caractéristiques.

Les cercaires pénètrent en divers points du corps et l'on en a trouvé à peu près autant dans les tissus de la queue, dans le corps et dans la cavité péritonéale où les métacercaires forment des amas grégaires de 10, 20 ou 50 individus. Chez des très jeunes têtards de *Rana agilis*, nous avons observé des métacercaires dans les tissus du névraxe.

Nous avons fait ingérer des têtards, infectés expérimentalement depuis plusieurs semaines, à divers animaux : *Bufo vulgaris*, *Alytes obstetricans*, *Rana esculenta*, *Rana agilis*, mais sans succès. Les métacercaires mises en liberté peuvent vivre parfois pendant quelques jours dans le tube digestif des batraciens, puis elles sont détruites.

Nous avons obtenu le développement partiel des adultes chez une Couleuvre à collier (1213 R^2) sacrifiée prématurément, et l'évolution complète chez une Vipère que son mode d'alimentation met à l'abri des infections spontanées par les leptophalles.

La vipère 1251 R^2 ingère, le 12 octobre 1944, un gros têtard d'alyte infecté depuis au moins 18 jours, renfermant environ 500 ou 600 métacercaires à en juger par son infestation caudale. Cette Vipère meurt le 17 février 1945, soit 122 jours après l'expérience. L'autopsie permet de

récolter plus de 200 *Leptophallus* adultes dans l'œsophage, l'estomac et l'intestin grêle.

Il est probable que les métacercaires sont infectieuses dix jours après leur enkystement, car, à cette époque, elles semblent avoir atteint leur taille maxima.

Les têtards d'alyte et de triton palmé sont plus sensibles à l'action probablement toxique des cercaires, que ceux du triton à crête et de la grenouille verte. Les petits têtards d'alyte, pesant 30 à 40^{cg}, sont tués en quelques heures par 500 ou 600 cercaires. Les gros têtards sont plus résistants; c'est ainsi que l'un d'eux est mort trente jours après le début de son infestation, avec de très nombreuses métacercaires dans le corps et 1280 dans le moignon caudal. Les têtards de grenouille verte, même ceux présentant déjà une infection rénale, due à des métacercaires d'échinostomes, semblent plus résistants. Deux exemplaires sacrifiés hébergeaient, l'un 745 métacercaires, et l'autre 1210. Il est probable que la mort est déterminée, quand elle se produit peu d'heures après l'attaque des cercaires, par une action toxique de ces dernières, et quand elle intervient plusieurs semaines plus tard, à des produits toxiques provenant du métabolisme des métacercaires.

Dans un travail plus complet qui paraîtra prochainement dans les *Annales de Parasitologie*, nous donnerons un résumé de nos études sur la morphologie et l'identification des cercaires de *Leptophallus nigrovenosus*, ainsi que sur la pathogénie des accidents mortels observés chez les têtards qui ne semblent présenter aucune immunité vis-à-vis d'une surinfection par les cercaires.

A $15^h 35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *Marc Tiffeneau* :

En première ligne	M. **Paul Pascal**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*	MM. **Charles Dufraisse**. **Georges Dupont**. Mme **Pauline Ramart**. MM. **Marcel Sommelet**. **Gustave Vavon**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance

La séance est levée à $17^h 30^m$.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 4 avril 1945.)

Page 481, ligne 3, *lire* Présidence de M. Élie Cartan, *au lieu de* M. Maurice Caullery.

(Séance du 28 mai 1945.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : différente et discriminant; théorie intrinsèque de la ramification.

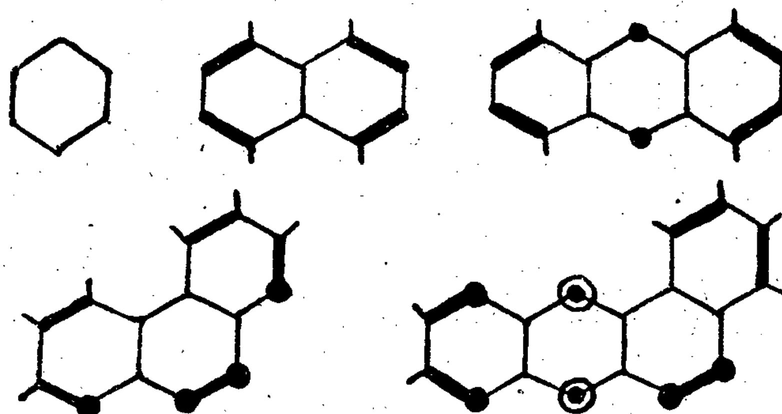
Page 761, ligne 30, *au lieu de* de nombres, *lire* des nombres

Page 763, ligne 19, *au lieu de* donc, *lire* dont

(Séance du 18 juin 1945.)

Note de M. *Raymond Daudel* et Mme *Alberte Pullman*, Sur le calcul de la répartition du nuage électronique dans les molécules aromatiques :

Page 889, remplacer la figure par la suivante :



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Louis Blaringhem** est élu Vice-Président pour l'année 1946 par l'unanimité des suffrages exprimés.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Émile Borel** est élu Membre des Commissions administratives. M. **Gabriel Bertrand** est réélu.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 12 décembre au lieu du lundi 10, jour de la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences Morales et Politiques.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Lundi dernier nous est parvenue la nouvelle de la mort subite, à Paris, le 25 novembre, de notre Confrère **Augustin-Georges-Albert Charpy**, Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie. Il en était le doyen et y avait été le troisième des six élus lors de sa création en 1918. Né à Oullins (Rhône) le 1er septembre 1865, il venait d'avoir 80 ans. Il avait encore assisté à une de nos dernières séances et son aspect physique était loin de souligner son âge, ni de faire craindre sa disparition prochaine.

Entré à l'École Polytechnique en 1885, il s'était, dès sa sortie, en 1887, consacré à la Chimie et avait fait, dans les laboratoires de l'École, une

thèse de doctorat sur les solutions salines, soutenue en 1892; elle présentait, sur ce sujet classique, des méthodes et des idées nouvelles. Cette même année (1892), il devenait ingénieur au laboratoire d'Artillerie de la Marine et, en raison de ses nouvelles fonctions, ses recherches s'orientaient vers l'étude des métaux et de leurs alliages. En 1898 il entrait à la Compagnie de Châtillon et Commentry, où il devenait rapidement sous-directeur technique. En 1920 il était nommé sous-directeur général de la Compagnie des Aciéries de la Marine et Homécourt. Dans ces deux grandes sociétés industrielles, il a joué un rôle de premier plan, en ne se laissant pas absorber par les occupations journalières de l'ingénieur, mais en s'attachant constamment, sur le plan de la recherche scientifique, à l'élaboration de procédés de fabrication nouveaux, permettant d'appliquer, de façon pratique, à chaque problème, si infime fût-il, des méthodes scientifiques de haute précision, confinées jusque-là dans les laboratoires, de mesurer très exactement la grandeur des facteurs en jeu et les conditions optima de chaque opération. C'est là ce qu'on peut appeler la Science industrielle, et son rôle y a été considérable. Il y a été, comme le disait notre Confrère H. Le Chatelier, un maître incontesté et il a fait œuvre de novateur. Il a réussi d'ailleurs, par l'emploi des méthodes scientifiques, à donner une supériorité indéniable aux produits de ses usines, sans manquer de réaliser en même temps des prix de revient avantageux.

Charpy a été, avec Osmond et avec H. Le Chatelier, l'un des trois fondateurs de la Science des alliages en France; au laboratoire de la Marine, il a étudié la trempe de l'acier (1895), les alliages de cuivre et zinc (1896), la structure des alliages métalliques (1897), les alliages blancs, dits antifrictions (1898). Chacun de ces mémoires a apporté des progrès substantiels, d'ordre tant théorique que pratique. A Châtillon-Commentry, en dépit d'occupations journalières absorbantes, il n'a pas cessé de faire des recherches, pratiquées avec des collaborateurs dont il dirigeait le travail. Elles ont porté surtout sur les aciers et les fontes, sur des méthodes permettant de mesurer la fragilité des aciers.

On ne saurait oublier ses recherches sur le carbone en solution dans le fer, sur le graphite et l'acide graphitique; sur l'action réductrice du carbone sur l'oxyde de fer et sur le fer métallique (cémentation, rôle des gaz). Il a montré que le carbone se séparait du fer à l'état de graphite, même dans les conditions de très hautes pressions où Moissan avait cru réaliser le diamant.

Dans toute l'industrie du fer et de l'acier, par l'analyse des conditions de la fabrication et par la précision du contrôle, il a réalisé des progrès multiples, dans le détail desquels il n'est pas possible d'entrer ici. Les usines qu'il dirigeait étaient à la tête du progrès industriel, grâce au talent et à la conscience avec lesquels il remplissait le rôle du chef. Il laisse, à

cet égard, un exemple que l'on ne saurait trop rappeler et mettre en valeur. Il a eu aussi, dès ses débuts, sur l'enseignement de la Chimie un rôle non négligeable, par les *Leçons de Chimie* (à l'usage des élèves de Mathématiques spéciales) qu'il a publiées en 1892 avec Henri Gautier et qui ont eu de nombreuses éditions. Cet ouvrage a introduit, en effet, dans l'enseignement (et dans les programmes de l'École Polytechnique) des questions très nouvelles, notamment les principes de la Mécanique chimique fondée sur la thermodynamique. L'enseignement devait d'ailleurs tenir une place importante et brillante dans les dernières années de sa carrière; il fut, en effet, nommé professeur de Métallurgie à l'École Nationale des Mines en 1920 et, en 1922, professeur de Chimie à l'École Polytechnique, chaire qu'il a occupée jusqu'en 1936.

Charpy était resté actif jusqu'à la fin, comme en témoignent les Notes qu'il a publiées jusqu'en 1944, dans nos *Comptes rendus*. Nous avions fréquemment l'occasion de le voir assister à nos séances et de goûter le charme de sa personnalité; rien ne nous faisait prévoir le brusque accident qui vient de l'emporter. J'adresse à tous ses proches nos plus sincères condoléances, avec l'assurance chaleureuse de la sympathie qu'il nous inspirait.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles cartésiens.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Je considère comme très fâcheuse l'habitude, introduite en Mathématiques depuis 25 ans, de donner aux fonctions additives non négatives d'ensembles cartésiens le nom de mesure. Celui-ci devrait à mon sens être réservé au nombre euclidien invariant dans un déplacement, c'est-à-dire dans un changement d'axes de coordonnées.

I. Dans l'espace U_r à r dimensions une fonction additive, d'ensemble ou pseudo-mesure $\varphi(E)$, se définit de la même manière que les mesures euclidiennes d'ordre r de Jordan et de Borel, en appliquant les principes d'Eudoxe et de Jordan (¹).

Relativement à un système d'axes coordonnés (S), U_r étant divisé en segments précisés C_k de rang k, $p_i \leqq 2^k x_i < p_i + 1$ (p_i entier, k entier $\geqq 0$, $i = 1, \ldots, r$), on postule que :

1° $\varphi(C_k)$ existe et est donné pour tous les C_k de tout rang;

2° pour une figure élémentaire f_k réunissant un nombre fini de C_k de même rang, $\varphi(f_k)$ existe et vaut la somme $\Sigma\varphi(C_k)$ étendue aux C_k composant f_k.

De là résultent les pseudo-mesures jordaniennes $\varphi_J(E)$, $\varphi_J^e(E)$, $\varphi_J^i(E)$ exacte, extérieure, intérieure d'un ensemble quelconque E. Avec les conditions

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 477.

imposées dans la Note citée aux figures élémentaires approchant E, ces nombres sont indépendants d'un changement d'axes.

En ajoutant les axiomes de Borel, savoir que $\varphi(O)$ et $\varphi(F)$ existent pour tout ensemble ouvert O et pour tout ensemble fermé F, on a la fonction métrique $\varphi(E)$ ou $\varphi_B(E)$ de Borel, ou sinon les fonctions extérieure et intérieure $\varphi_L^e(E)$ et φ_L^i de Lebesgue.

En un point M de U_r, on peut considérer les limites extrêmes du rapport $\varphi(C_k)2^{kr}$ (2^{-kr} est la mesure euclidienne de C_k), pour tous les C_k contenant M à leur intérieur ou sur leur frontière, k croissant. Ces limites seront les nombres dérivés extrêmes de $\varphi(E)$ au point M. L'ensemble des points où ils sont finis et distincts est de mesure euclidienne nulle.

Une fonction d'ensemble à variation bornée $\psi(E)$ est la différence de deux fonctions non négatives minimums $\psi'(E)$, $\psi''(E)$. C'est encore une pseudo-mesure, mais de signe quelconque. Sa variation totale étant

$$\chi(E) = \psi'(E) + \psi''(E),$$

supposons qu'on ait appliqué l'espace cartésien U_r sur un autre espace cartésien V_p de façon que, si E, pour lequel $\chi(E)$ existe, est changé en e dans V_k, la mesure $m(e)$ euclidienne d'ordre r de e, existe et vaille $\chi(E)$.

Je crois et je propose aux géomètres de démontrer que ces hypothèses exigent $p = r$.

Les couples associés (C, G) éventuels ne pourraient pas être admis en toute généralité. Il suffit de faire correspondre les sphères (d'ordres respectifs p et r) concentriques à l'origine et de même rayon dans les deux espaces U_r et V_p pour que la conclusion $p = r$ soit mise en défaut.

Mais, si les continus C, G sont astreints *à ne pas diviser les espaces* U_r, V_p, et nous dirons en ce cas que les décompositions continues Γ, Δ sont *simples* (*a priori* C et G doivent diviser ces espaces en le même nombre de régions), ou si les familles C et G associées sont supposées non denses dans U_r ou dans V_p respectivement, la conséquence $p = r$ serait très vraisemblablement encore exacte.

Soit Γ_0 la décomposition *élémentaire* de U_r uniquement formée de points. Il me paraît certain que les diverses décompositions continues simples de U_r sont homéomorphes entre elles comme l'étant toutes à Γ_0 (l'égalité $p = r$ en résulterait aussitôt).

J'ai montré en 1911 ([2]) et pour $r = 2$ que, dans une décomposition continue simple Γ du plan U_e, un ensemble d'éléments de Γ homéomorphe à un cercle de Γ_0 divise le plan U_2 en deux régions.

La courbe de Peano réalise une correspondance ponctuelle, continue et semi-continue supérieurement, d'un segment de V_1 à un carré de U_r. A certains points de U_r corres-

---

([2]) *Comptes rendus*, 1911, **153**, p. 495.

pondent plusieurs points de V_1, mais en nombre fini (limitable à r^{+1}), donc un ensemble discontinu.

Au cas d'un couple (M, G), si le continu G de V_r a un intérieur G, sans diviser V_n, on regardera M comme une sphère de U_r, à rayon infiniment petit, et où l'on distinguera l'intérieur de M homologue de G dans V_r et la frontière de M, homologue de celle de G, soit G-G.

Même observation dans une correspondance (C, G), C ni G ne divisant pas leurs espaces, l'un étant non dense, l'autre ayant des points inférieurs dans leurs espaces respectifs.

Nous examinerons ultérieurement la possibilité de se rapprocher des conditions précédentes dans l'application de U_r sur V_r de façon que la pseudo-mesure $\varphi(E)$ dans U_r devienne la mesure euclidienne $m(e)$ dans V_r.

$\psi'(E)$ et $\psi''(E)$ se changent en deux fonctions $m'(e)$, $m''(e)$, avec $m'(e)+m''(e)=m(e)$; V_p se décompose en deux ensembles V'_p, V''_p tels que $m'(e)=m(e.V'_p)$, $m''(e)=m(e.V''_p)$ et $\psi(E)=m'(e)-m''(e)$.

L'intégrale de Stieltjes $\int_E f(M)\,d\psi$ apparaît comme le résultat d'un changement de variable effectué sur le point N de V_p devenant le point M de U_r, et pour l'intégrale $\int_e g(N)\,dm$, si $f(M)=g(N)$ pour N dans V'_p, $f(M)=-g(N)$ pour N dans V''_p.

II. Dans cette application de U_r sur V_p la plupart des auteurs ne s'intéressent qu'à l'invariance métrique (ou quasi métrique), les ensembles de mesure ou de pseudo-mesure nulles ne jouant aucun rôle dans cette conception.

De ce point de vue, on sait, ou il est bien aisé de voir que l'on peut toujours prendre $p=1$, quel que soit r. Mais, si l'on s'attache à la conservation des propriétés descriptives (terme que je reprends pour les problèmes cartésiens, depuis que la topologie est mêlée à des considérations où l'opposition fondamentale dans les espaces élémentaires entre la topologie et la métrique est ignorée) pour les ensembles et les fonctions, en particulier au maintien du caractère borélien des ensembles, de leur classe et de celle des fonctions, l'application de U_r sur V_p est soumise à des restrictions importantes, mais avec des conséquences très intéressantes. Il convient alors de faire $p=r$, d'appliquer U_r sur un ensemble V_r de même dimensions.

On sait que, si l'on veut appliquer l'un sur l'autre deux espaces cartésiens V_p et U_r, avec correspondance ponctuelle réciproque, uniforme et continue dans les deux sens, il faut (Brouwer, Baire, Lebesgue etc.) que $p=r$. Je crois que ce théorème peut être très notablement étendu.

Décomposons chacun des espaces U_r et V_p en éléments disjoints, qui sont soit des points, soit des continus (toujours bornés selon nous), U_r réunissant les points M et les continus C, V_p les points N et les continus G.

Nous disons qu'une telle décomposition, appelons-la Γ pour U_r (et Δ pour V_p),

est continue (on pourrait dire semi-continue supérieurement) si toute suite d'éléments de Γ convergente (or, toute famille infinie d'ensembles de U_r ne se réduisant pas à une suite s'éloignant à l'infini contient une suite convergente) a pour ensemble limite un élément de Γ ou une partie d'un élément de Γ.

Supposons que la correspondance de U_r et de V_p consiste en des associations (M, N) ou (M', G), (C, N'), *mais non pas* en général (C, G), la correspondance étant continue, en ce sens que les suites convergentes d'éléments de Γ et d'éléments de Δ se correspondent, ainsi que les éléments renfermant les limites respectives des suites homologues.

MÉCANIQUE. — *Sur la théorie de la synchronisation.* Note de M. **Jules Haag**.

1. Considérons un oscillateur harmonique soumis à un couple perturbateur de la forme $\lambda K(t, \theta, \theta')$, où λ désigne une constante positive et K une fonction donnée, admettant la période T par rapport à t. L'équation différentielle du mouvement est de la forme

$$\theta'' + \omega^2\theta = \lambda K(t, \theta, \theta'). \tag{1}$$

Faisons les hypothèses suivantes :

$$|\theta| < a, \qquad |\theta'| < b; \tag{2}$$

$$|K(t, \theta, \theta')| < M; \tag{3}$$

$$|K(t, u, u') - K(t, v, v')| < A|u - v| + B|u' - v'|; \tag{4}$$

$$K(t, 0, 0) \neq 0; \tag{5}$$

$$\frac{\omega T}{2\pi} \text{ non entier}, \qquad \text{soit} \quad k = \frac{1}{2\sin\frac{\omega T}{2}} \text{ fini}. \tag{6}$$

Nous allons montrer que, *si λ est assez petit, il existe une solution de période* T et qu'elle est *unique*.

2. Employons la méthode des *approximations successives*. Comme première approximation θ_1, choisissons une fonction quelconque de période T et vérifiant (2). La $n^{\text{ième}}$ approximation sera la solution périodique de l'équation

$$\theta_n'' + \omega^2\theta_n = \lambda K(t, \theta_{n-1}, \theta'_{n-1}) = f_n(t). \tag{7}$$

Elle est donnée par la formule

$$\omega\theta_n = k\int_0^T f_n(u)\cos\omega\left(u - t - \frac{T}{2}\right)du + \int_0^t f_n(u)\sin\omega(t-u)\,du. \tag{8}$$

On a θ'_n en remplaçant, au second membre, le cosinus et le sinus par un sinus et un cosinus. En tenant compte de (3), on voit que θ_n et θ'_n vérifient (2) si l'on a

$$\lambda < \frac{a\omega}{MT(|k|+1)}, \qquad \lambda < \frac{b}{MT(|k|+1)}. \tag{9}$$

Posons maintenant $v_n = \theta_n - \theta_{n-1}$ et supposons que l'on ait $|v_n| < \alpha_n$ et $|v'_n| < \omega\alpha_n$. En tenant compte de (4), on voit que v_{n+1} et v'_{n+1} vérifient des inégalités analogues, avec $\alpha_{n+1} = \lambda(A/\omega + B)T(|k| + 1)\alpha_n$. Dès lors, choisissons la constante h positive et < 1. Si l'on a

$$\lambda < \frac{h\omega}{(A + B\omega)T(|k| + 1)}, \tag{10}$$

les séries v_n et v'_n sont *uniformément convergentes*. Donc θ_n et θ'_n tendent uniformément vers des limites déterminées θ et θ'.

On montre ensuite, en tenant compte de cette convergence uniforme et de (4), que la fonction θ vérifie (1). Elle est *périodique*, comme les θ_n; elle n'est *pas nulle*, en vertu de (5). Elle est *unique*, car s'il existait une autre solution φ jouissant des mêmes propriétés, la fonction $w_n = \theta_n - \varphi$ serait majorée, comme v_n, par une progression géométrique de raison h et par conséquent tendrait vers zéro pour n infini.

3. Supposons $\omega T/2\pi$ *très voisin d'un nombre entier*, mais non égal. Le nombre k est très grand; donc λ est très petit. Prenons-le de l'ordre de $1/k$, tout en vérifiant (9) et (10). Le second terme de (8) est négligeable devant le premier; le mouvement est *approximativement sinusoïdal*. Si ω s'écarte suffisamment de la valeur ci-dessus pour que k ne soit plus très grand, et si l'on garde la valeur précédente de λ, le premier terme de (8) devient très petit par rapport à ce qu'il était précédemment et il est comparable au second terme. On en conclut que l'amplitude de l'oscillation est très faible comparativement à ce qu'elle était auparavant. On retrouve les caractères bien connus de la *résonance*.

4. *Si l'on admet l'existence de la solution périodique*, on peut l'écrire, à une constante près,

$$\theta = \sum_{n=1}^{\infty} R_n \cos n(u - \varphi_n); \quad u = mt, \quad m = \frac{2\pi}{T}.$$

Portons dans (1), puis multiplions par $\cos n(u - \varphi_n)\,du$ ou $\sin n(u - \varphi_n)\,du$ et intégrons de 0 à 2π; il vient, en faisant $\lambda = 1$,

$$\left\{\begin{array}{l} \pi(\omega^2 - n^2 m^2) R_n = \displaystyle\int_0^{2\pi} K(u, \theta, \theta') \cos n(u - \varphi_n)\,du, \\ \displaystyle\int_0^{2\pi} K(u, \theta, \theta') \sin n(u - \varphi_n)\,du = 0. \end{array}\right. \tag{11}$$

On voit que, si ω est très voisin de nm, l'amplitude R_n du $n^{\text{ième}}$ harmonique est très grande vis-à-vis des amplitudes des autres harmoniques. On retrouve encore la *résonance*.

Si l'on suppose ω voisin de m, on peut réduire θ à son premier harmonique. Les équations (11) permettent alors de calculer R_1 et φ_1, c'est-à-dire *l'ampli-*

tude et la phase du mouvement entretenu. Il suffit de remplacer, sous les signes $\int$, θ par $R_1 \cos(u - \varphi_1)$. On retrouve ainsi très rapidement les propriétés que j'ai énoncées dans une Note déjà ancienne (1).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie en remplacement de M. *Marc Tiffeneau*, décédé.

Le nombre des votants étant 49, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages	
	1er tour.	2e tour.
M. Paul Pascal	24	30
M. Charles Dufraisse	13	6
Mme Pauline Ramart	12	13

M. **Paul Pascal**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Thibaud. *Énergie atomique et Univers*.

M. **Georges Darrieus** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par l'annulation de l'élection de M. *Georges Claude*.

ALGÈBRE. — *Norme de l'unité fondamentale du corps quadratique absolu.* Note de M. **Pierre Despujols**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous nous proposons d'établir la formule générale qui donne la norme de l'unité fondamentale d'un corps quadratique réel (voir David Hilbert, § 62, dernier alinéa).

L'étude qui va suivre n'est qu'un commentaire des théorèmes 106 et 108 de l'ouvrage déjà cité.

Soient $B_1, B_2, \ldots, B_u$ les classes fondamentales du corps (D. Hilbert, § 28,

(1) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1244.

in fine) qui appartiennent aux exposants

$$h_m = 2^{a_m} \quad (m = 1, \ldots, u).$$

On démontre aisément que les 2^u classes invariantes du corps sont données par

$$B_m^{\frac{1}{2}a_m h_m}, \quad \text{où } 1 \leqq m \leqq u, \quad 0 \leqq a_m \leqq 1.$$

Nous dirons qu'une classe fondamentale est régulière si sa puissance $1/2\ h$ contient un idéal ambige; sinon, la classe est irrégulière.

Soient u_r et u_i le nombre de classes fondamentales respectivement régulières et irrégulières; on a

$$u = u_r + u_i.$$

Soit maintenant t le nombre des idéaux premiers facteurs du discriminant du corps.

Nous allons démontrer le théorème :

La norme de l'unité fondamentale du corps quadratique absolu est

$$n(\varepsilon) = (-1)^{t-u_r}.$$

En effet, si $n(\varepsilon) = -1$ et si tous les caractères de -1 sont positifs, il n'y a que des classes fondamentales régulières et l'on a

$$u = t - 1, \quad u = u_r \quad \text{et} \quad n(\varepsilon) = (-1)^{t-u_r}.$$

Si $n(\varepsilon) = +1$ et si tous les caractères de -1 sont $+1$ il y a une classe irrégulière et

$$u = u_r + 1, \quad u_r = t - 2, \quad \text{avec } u = t - 1$$

et encore

$$n(\varepsilon) = (-1)^{t-u_r}.$$

Si $n(\varepsilon) = +1$, mais si un au moins des caractères de -1 est -1, on a

$$u = u_r, \quad u = t - 2$$

et encore

$$n(\varepsilon) = (-1)^{t-u_r}.$$

Si le corps quadratique renferme des classes invariantes irrégulières, on a $u_i = 1$. Dans ce cas, on a $u = t - 1$, $u = u_r + 1$, soit $u_r = t - 2$, d'où $t \geqq 3$, d'où :

THÉORÈME. — *Pour qu'un corps quadratique absolu renferme des classes invariantes irrégululières, il faut et il suffit que m soit de la forme $u^2 + v^2$ et contienne au moins trois facteurs premiers distincts.*

Nous ajouterons le théorème suivant :

Le corps quadratique absolu possède autant de classes d'exposant $h_x = 2$ que son discriminant contient d'idéaux de genre non principal.

La classe fondamentale irrégulière, si elle existe, est au moins d'exposant $h_x = 2^2$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la presque-périodicité des fonctions spectrales.* Note de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. $f(x)$ étant une fonction de type positif sur un groupe localement compact G, on peut envisager, dans l'espace H_f [1] associé à f, plusieurs topologies, à savoir : 1° la topologie H-*forte* associée à la norme hilbertienne $|g|=\sqrt{(g, g)}$ définie sur H_f; 2° la topologie C-*forte* induite dans H_f par la norme $\|g\|$ de la convergence uniforme sur G; 3° la topologie H-*faible* associée dans l'espaee hilbertien H_f à la topologie H-forte; 4° la topologie C-*faible* associée dans l'espace normé H_f à la topologie C-forte. Au sujet de ces topologies, on peut faire les observations suivantes :

Lemme 1. — Les topologies H- et C-faibles coïncident sur toute partie H-bornée de H_f; sur une telle partie, la convergence faible de g vers h équivaut à la convergence simple de $g(x)$ vers $h(x)$ pour tout $x\in G$.

Lemme 2. — Sur une partie H-bornée de H_f, la convergence faible de g vers h équivaut à la convergence de $g(x)$ vers $h(x)$ uniformément sur toute partie compacte de G.

Lemme 3. — Toute partie H-bornée de H_f est relativement compacte pour les deux topologies faibles.

Le lemme 1 est dû à une remarque de M. Henri Cartan; on peut rattacher le lemme 2 à une proposition de M. Gelfand [2] et au lemme 1; enfin, le lemme 3 exprime une propriété classique des espaces hilbertiens.

2. L'expression

$$\mu(g)=M(gh), \quad \text{où } g,\ h\in\mathfrak{L},$$

étant, pour h donné, une fonctionnelle linéaire C-bornée sur $\mathfrak{L}$, on voit que la convergenee C-faible de g vers g' entraîne

$$\lim M(gh)=M(g'h) \quad \text{pour tout } h\in\mathfrak{L}. \tag{1}$$

En particulier, soient $f\in\mathfrak{L}$ et T_f l'ensemble des translatées à gauche de f; T_f est H-borné dans H_f, donc relativement faiblement compact (lemme 3). Si $f_t\in T_f$ tend faiblement vers g, nécessairement dans H_f, on aura donc d'après (1)

$$\lim M(f_t\bar{g})=M(g\bar{g}); \tag{2}$$

d'après le lemme 1, $f_t\bar{f}_t$ converge faiblement dans $H_{f\bar{f}}$ vers $g\bar{g}$, d'où

$$M(f\bar{f})=\lim M(f_t\bar{f}_t)=M(g\bar{g}). \tag{3}$$

De (2), (3) et de

$$M|f_t-g|^2=M(f\bar{f})+M(g\bar{g})-M(f_t\bar{g})-M(\bar{f}_t g),$$

---

[1] Cf. R. Godement, *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 69 et 134.

[2] I. Gelfand, *Recueil Math. Moscou*, 2e série, 4, 1938, pp. 268-269.

résulte alors que

$$\lim M|f_t - g|^2 = 0,$$

d'où se déduit aisément le

THÉORÈME. — *Quelles que soient les fonctions $f, f' \in \mathcal{L}$, la fonction*

$$f \times f'(x) = M(f_x f')$$

est presque-périodique sur G.

On en déduit que tout $f \in \mathcal{L}$ est la somme d'une fonction presque-périodique et d'une fonction sans spectre bien déterminées; ou encore que $\mathcal{L}$, muni de la structure pseudo-hilbertienne définie par $[f, g] = M(f\bar{g})$, est isomorphe à l'espace des fonctions presque-périodiques sur G, à condition bien entendu d'identifier deux éléments $f, g \in \mathcal{L}$ tels que $M|f - g|^2 = 0$.

On peut d'autre part caractériser les $f \in \mathcal{L}$ telles que $M|f|^2 = 0$ par le fait que l'espace hilbertien associé H_f ne contient aucun sous-espace invariant de dimension finie > 0.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les changements de signe des coefficients des séries de Dirichlet.* Note [1] de M. **Aryeh Dvoretzky**, présentée par M. Paul Montel.

Dans la théorie des séries de Taylor on connaît le théorème de Fatou-Pòlya, d'après lequel on peut changer convenablement les signes des termes d'une série de puissances $\sum_{n+1}^{\infty} a_n x^n$, de manière que la série ainsi obtenue ne soit pas prolongeable au delà de son cercle de convergence. En cherchant si une proposition analogue existe pour les séries générales de Dirichlet

$$f(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s} \qquad (\lambda_n \uparrow +\infty\,;\ s \equiv \sigma + it), \tag{1}$$

on se heurte à des obstacles, non seulement en ce qui concerne la démonstration du théorème proposé, mais même à l'égard de son énoncé. Sans entrer dans les détails, il suffit d'indiquer ici que la cause de ces difficultés est le fait que dans une série (1) les abscisses de convergence, de convergence absolue, d'évanouissement du terme général etc., peuvent différer entre elles. Le but de la présente Note est de démontrer, pour les séries (1), le théorème suivant qui contient celui de Fatou-Pòlya et qui ne peut pas avoir son analogue dans la théorie des séries de Taylor.

THÉORÈME. — *Soit* (1) *une série quelconque de Dirichlet, ayant les abscisses de convergence et de convergence aboslue* C *et* A, $(-\infty \leqq C \leqq A \leqq +\infty)$. *Soit* B *un nombre quelconque satisfaisant* $C \leqq B \leqq A$.

Alors il existe une suite

$$\varepsilon_1,\ \varepsilon_2,\ \ldots,\ \varepsilon_n,\ \ldots;\ \varepsilon_n = \pm 1 \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

[1] Séance du 6 novembre 1945.

telle que la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon_n a_n e^{-\lambda_n s}$$

converge pour $\sigma > B$ *et la fonction représentée par cette série ait la droite* $\sigma = B$ *comme coupure.*

L'essentiel dans les démonstrations du théorème de Fatou-Pòlya est la possibilité d'extraire de la série $\sum a_n x^n$ une série lacunaire (de type convenable) ayant *le même* rayon de convergence que la série originale. Dans les séries de Dirichlet il peut arriver qu'en extrayant une telle série lacunaire nous changeons l'abscisse de convergence. Pour démontrer notre théorème, nous nous servons donc d'une autre méthode. Au lieu d'employer des théorèmes sur les séries lacunaires, nous utilisons le critère de singularité de Hadamard-Ostrowski.

Voici les grands traits de la démonstration :

1° On décompose (1) en deux séries

$$\Sigma b_n e^{-\lambda_n s}, \tag{2}$$

$$\Sigma c_n e^{-\lambda_n s}, \quad b_n + c_n = a_n, \quad b_n c_n = 0 \quad (n = 1, 2, \ldots), \tag{3}$$

telles que (2) a B pour abscisse de convergence absolue; *eo ipso* (3) converge pour $\sigma > B$. Une telle décomposition est toujours possible. On le voit, assez simplement, en considérant les formules donnant C et A.

2° Puisque le point B est singulier pour $\sum |b_n| e^{-\lambda_n s}$, il existe des entiers croissants m tels que

$$\lim_{\nu \to \infty} \left| \frac{1}{m_\nu !} \sum_{\frac{1}{2} m_\nu \leq \lambda_n \leq \frac{3}{2} m_\nu} |b_n| \lambda_n^{m_\nu} e^{-\lambda_n (B+1)} \right|^{\frac{1}{m_\nu}} = 1.$$

3° Soient ρ rationnel, k entier positif. On numérote l'ensemble de tous les couples (ρ, k), et l'on fait correspondre à chaque (ρ, k) un $m_\nu = M(\rho, k)$, de manière que tous les intervalles $I(\rho, k)$

$$\frac{1}{2} M(\rho, k) \leq y \leq \frac{3}{2} M(\rho, k)$$

soient sans points communs.

4° *Détermination des* ε_n. — Si $b_n = 0$, on pose $\varepsilon_n = +1$. On pose également $\varepsilon_n = 1$ si $b_n \neq 0$ et λ_n n'appartient à aucun des intervalles $I(\rho, k)$. Enfin on détermine les $\varepsilon_n = \pm 1$ pour tous les n pour lesquels $b_n \neq 0$ et λ_n appartient à $I(\rho, k)$, de manière qu'on ait

$$\left| \sum \varepsilon_n a_n \lambda_n^{M(\rho,k)} e^{-\lambda_n (B+1+i\rho)} \right| \geq \frac{\sqrt{2}}{2} \sum |b_n| \lambda_n^{M(\rho,k)} e^{-\lambda_n (B+1)},$$

les sommations étant étendues à tous les λ_n appartenant à $I(\rho, k)$. Puisque les

intervalles $I(\rho, k)$ sont distincts, il est possible de déterminer les ε_n de cette manière.

5° La série $\sum \varepsilon_n a_n e^{-\lambda_n s}$ ainsi obtenue converge pour $\sigma > B$, car nous avons changé seulement les signes des termes appartenant à la série absolument convergente (2). D'autre part l'inégalité de 4° entraîne, d'après le critère de Hadamard-Ostrowski et 2°, la singularité du point $B + i\rho$ pour $\sum \varepsilon_n a_n e^{-\lambda_n s}$. Puisque ρ est rationnel *quelconque*, le théorème est démontré.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le remplissage des bétons à ossature.* Note (¹) de M. **Jean Villey**, présentée par M. Albert Caquot.

Les éléments inertes très fins ont un double inconvénient dans la fabrication des bétons. Leur eau de mouillage abaisse considérablement le rapport C/E des masses de ciment et d'eau, auquel sont liées les qualités mécaniques du béton, et ils gênent la formation des enrobages nécessaires pour la continuité de la pâte et l'imperméabilité du béton. Il y a un intérêt considérable à les exclure, comme M. Caquot l'a préconisé depuis longtemps.

On introduit ainsi une discontinuité entre les gros grains du ciment et les grains inertes les plus fins. Elle conduit à considérer le béton comme constitué par une ossature d'éléments inertes, dans laquelle on loge de la pâte de ciment.

Le dosage de cette pâte peut être étudié rationnellement si l'on a déterminé le vide que lui offre l'ossature. Cette notion appelle d'ailleurs quelques précisions.

Nous envisagerons 1^{m^3} d'ossature sèche, mesurée après une vibration bien définie, assez modérée pour ne pas altérer sensiblement la granulométrie par usure mutuelle des grains, et qui sera uniformément utilisée pour toutes les mesures de compacité.

Nous emploierons les notations suivantes :

$\mathcal{V}_0$ désigne le vide (air) de cette ossature sèche,

$\mathcal{V}_1$ désigne le vide (air + eau) de cette ossature mouillée; il est plus petit que $\mathcal{V}_0$ par suite de la contraction par mouillage $(\mathcal{V}_0 - \mathcal{V}_1)$; il définit le plus petit volume d'eau pure que l'on puisse loger sans bulles d'air dans l'ossature dont on est parti,

$\mathcal{V}_2$ désigne le plus petit volume de pâte (eau + ciment) que l'on puisse loger sans bulles d'air dans cette même ossature; il est plus grand que $\mathcal{V}_1$ parce que les grains de ciment pénètrent dans les contacts entre grains inertes, où ils imposent un écartement moyen ε entraînant pour l'ossature la dilatation $(\mathcal{V}_2 - \mathcal{V}_1)$.

L'écartement moyen ε, et corrélativement la dilatation $(\mathcal{V}_2 - \mathcal{V}_1)$, peuvent varier avec le degré de fluidité de la pâte, c'est-à-dire avec la valeur du rapport C/E; ils tendent en effet vers zéro en même temps que C.

On constate, avec les consistances normales, pour les ossatures courantes,

(¹) Séance du 19 novembre 1945.

que $\mathcal{V}_2$ diffère peu du vide à sec $\mathcal{V}_0$, c'est-à-dire que la dilatation minimum par le ciment $(\mathcal{V}_2 - \mathcal{V}_1)$ compense approximativement la contraction par mouillage $(\mathcal{V}_0 - \mathcal{V}_1)$. Cela permet de remplacer en première approximation $\mathcal{V}_2$ par $\mathcal{V}_0$, qui est beaucoup plus facile à mesurer.

Soit $\mathcal{V}$ le volume (eau + ciment) de pâte que l'on a logé dans 1^{m^3} d'ossature sèche; si l'on a $\mathcal{V} = \mathcal{V}_2(1 + k)$, nous dirons que la surcharge relative de pâte est égale à k.

Pour doser le ciment on dispose de deux paramètres : la surchage k, qui définit le volume de pâte utilisé, et le rapport C/E, qui règle la richesse de cette pâte. Mais, lorsque l'on a consenti une certaine dépense de ciment, il y a toujours intérêt, pour avoir la résistance maxima possible, à réduire la proportion d'eau jusqu'à réaliser la consistance la plus épaisse compatible avec les exigences de maniabilité. Nous désignerons par y la valeur de ce C/E maximum admissible; y est alors déterminé par la surcharge k adoptée.

On peut prévoir la loi de variation $y = f(k)$. En effet, partant d'un béton de bonne consistance $[(C/E) = y_1]$, si on lui ajoute de la pâte pure de même consistance $[(C/E) = Y]$, on obtiendra un nouveau béton de bonne consistance, avec $k_2 > k_1$, et $y_2 > y_1$, puisque $Y > y_1$.

Si l'on appelle δ la densité du ciment et y_0 la valeur de y pour le remplissage sans surcharge $(k = 0)$, et si l'on considère *a priori* comme béton optima ceux qui sont obtenus à partir de celui-là par des additions successives de pâte pure de dosage Y invariable convenablement choisi, un calcul facile conduit à la relation

$$(1) \qquad y = \frac{y_0(Y + \delta) + kY(y_0 + \delta)}{Y + \delta + k(y_0 + \delta)}.$$

Il suffit alors de réaliser, dans l'ossature considérée, dont on a mesuré $\mathcal{V}_2$ (ou en première approximation $\mathcal{V}_0$), un béton plein, de bonne consistance. On connaît alors pour ce béton k_1 et y_1, et l'équation (1) permet de calculer y_0. Elle permet ensuite de calculer le rapport y_2 correspondant à une valeur quelconque k_2 du paramètre k qui définit chacun des bétons optima réalisables dans l'ossature. Ces calculs sont très vite obtenus graphiquement si l'on a construit, en coordonnées cartésiennes k et y, le réseau des courbes (1) correspondant à des valeurs de y_0 régulièrement espacées dans le domaine utile.

Ayant ainsi déterminé y, on sait calculer la masse C′ de ciment à utiliser par mètre cube d'ossature sèche, soit

$$(2) \qquad C' = \delta \mathcal{V}_2(1 + k)\frac{y}{y + \delta},$$

et le dosage C de ciment par mètre cube de béton, soit

$$(3) \qquad C = \frac{C'}{1 + (\mathcal{V}_2 - \mathcal{V}_0) + k\mathcal{V}_2} = \frac{y\delta}{y + \delta}\,\frac{(1 + k)\mathcal{V}_2}{1 + (\mathcal{V}_2 - \mathcal{V}_0) + k\mathcal{V}_2}.$$

ÉLECTROSTATIQUE. — *Capacité électrique des cylindres courts. Application à la conduction et à la convection thermiques.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons autrefois [2] attiré l'attention sur l'intérêt théorique de la convection de la chaleur commandée par une petite différence de température.

Le phénomène est alors voisin [3] d'un pur phénomène de conduction, dont le calcul est beaucoup plus facile. Si C est en effet le coefficient d'influence électrostatique entre le conducteur et son enceinte (qui peut être à l'infini), k étant la conductivité thermique, le flux de chaleur s'écoulant par conduction entre le corps et l'enceinte, pour une différence de température égale à l'unité, est $4\pi k C$. D'où la nécessité de connaître C. Nous avions appliqué [4] ces considérations à un assez grand nombre de problèmes de propagation de chaleur. Ayant été conduit à étudier la convection par un corps cylindrique, nous avons eu besoin de calculer ce qu'on appelle couramment la capacité du cylindre.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de formule donnant la capacité d'un cylindre court. Nous en avons cherché une valeur approchée en opérant de la manière suivante :

On admet sur la surface latérale une densité uniforme σ, une densité uniforme Σ sur les faces terminales, et une densité linéaire ρ sur les deux arêtes circulaires. On détermine ces trois densités en écrivant que le potentiel a la même valeur V_0 au centre du cylindre et au centre d'une face terminale, et qu'en ce dernier point le gradient de potentiel vers l'intérieur est nul.

A priori l'approximation doit être excellente quand le cylindre est assez court, car alors, du fait que toutes les dimensions sont du même ordre, il n'y a nulle part, les arêtes exceptées, accumulation marquée de la charge.

Quand le cylindre devient un peu long, l'accroissement de densité n'est plus localisé aussi strictement près de l'arête; il s'étend sur une longueur qui peut même devenir notable vis-à-vis du diamètre, de sorte qu'en ce qui concerne le calcul du potentiel vers les bouts, la localisation, par une densité linéaire sur l'arête, du supplément de charge, est une stylisation insuffisante, et l'erreur croît.

Mais, lorsque le cylindre devient très long, l'influence de la zone perturbée des extrémités, même longue devant le diamètre, devient relativement négligeable, car on peut alors trouver sur l'axe un point sous lequel on voit la section terminale sous un angle très petit, sans que la distance de ce point à

(1) Séance du 19 novembre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1245.

(3) *Ibid.*, **219**, 1944, p. 675.

(4) *Rapport de la Commission de Convection des Thermiciens* (*Chaleur et Industrie*, **17**, février 1936, p. 50).

ladite section cesse d'être très petite devant sa distance au centre du cylindre; et la méthode redevient acceptable.

Définissons le cylindre, de longueur l et de rayon R, par l'allongement $m = l/R$; et les abscisses x, comptées sur l'axe à partir du bout, par les valeurs réduites $\xi = x/R$. Introduisons les densités réduites $\sigma' = \pi R\sigma/V_0$, $\rho' = \pi\rho/V_0$, $\Sigma' = \pi R\Sigma/V_0$. L'approximation faite revient à identifier à V_0 le potentiel en chaque point. La capacité réduite C/R a alors la valeur

$$\gamma = 2m\sigma' + 4\rho' + 2\Sigma'. \tag{1}$$

Le potentiel, à l'abscisse réduite ξ, a la valeur réduite

$$\frac{V_\xi}{V_0} = 2\sigma' \log\left[m - \xi + \sqrt{(m-\xi)^2 + 1}\right]\left[\xi + \sqrt{\xi^2 + 1}\right] + 2\rho'\left\{\left[(m-\xi)^2 + 1\right]^{-\frac{1}{2}} + (\xi^2 + 1)^{-\frac{1}{2}}\right\} + 2\Sigma'\left[\sqrt{(m-\xi)^2 + 1} + \sqrt{\xi^2 + 1} - m\right]. \tag{2}$$

Les inconnues σ', ρ', Σ' sont données par le système

$$\left\{\begin{aligned} &\sigma' \log\frac{m + \sqrt{m^2 + 4}}{2} + 2\rho'(m^2 + 1)^{-\frac{1}{2}} + \Sigma'\frac{\sqrt{m^2 + 4} - m}{2} = 0{,}25, \\ &\sigma' \log\left(m + \sqrt{m^2 + 1}\right) + \rho'\left[1 + (m^2 + 1)^{-\frac{1}{2}}\right] + \Sigma'\left(\sqrt{m^2 + 1} - m + 1\right) = 0{,}5, \\ &\sigma' \frac{\sqrt{m^2 + 1} - 1}{m} + \rho'(m^2 + 1)^{-1} - \Sigma' = 0. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

On obtient, par résolution, les valeurs numériques :

m....	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.
σ'......	–	0,15618	0,12708	0,11122	0,10153	0,09478	0,08979
ρ'......	0,125	0,09161	0,09350	0,10123	0,10756	0,11332	0,11782
Σ'.....	0,125	0,11485	0,10472	0,09696	0,09128	0,08690	0,08343
γ......	0,75	1,2208	1,6001	1,9335	2,2373	2,5227	2,7930

m....	16.	20.	30.	40.	60.	80.	100.
σ'......	0,08263	0,07783	0,07009	0,06577	0,05957	0,05599	0,05347
ρ'......	0,12519	0,13015	0,13929	0,14318	0,15313	0,15820	0,16188
Σ'.....	0,07811	0,07436	0,06795	0,06423	0,05863	0,05532	0,05295
γ......	3,3311	3,7823	4,8985	5,9626	7,8787	9,7017	11,4467

Pour contrôler ces résultats, nous avons étudié la loi de distribution du potentiel qui en découlait le long de l'axe.

Le potentiel réduit est stationnaire aux extrémités, au centre et près des bouts, à une abscisse réduite ξ_1, où il est inférieur à l'unité de la quantité ε. Sa valeur moyenne sur l'axe ne diffère de l'unité que de la moitié de ε environ. On peut admettre comme vraisemblable que $\varepsilon/2$ donne aussi sensiblement l'écart moyen du potentiel réduit sur toute la surface et, par suite, que la valeur trouvée pour la capacité réduite γ est, en valeur relative, trop faible de $\varepsilon/2$.

Voici les résultats du contrôle :

m	0.	2.	4.	6.	8.	10.	20.	60.	100.
ξ_1	0	0,5	0,95	1,1	1,2	1,5	1,8	2,8	3,4
$\varepsilon/2$	0	−0,00025	+0,0009	+0,0036	+0,0068	+0,010	+0,024	+0,048	+0,06

Ces résultats sont conformes aux prévisions qualitatives ci-dessus. On voit que, quand la longueur vaut 50 diamètres, l'erreur de la méthode croît déjà beaucoup moins vite, mais, comme il fallait s'y attendre, la longueur n'est pas encore suffisante pour que la formule puisse redevenir bonne. Pour 5 diamètres, la capacité calculée est probablement trop faible de 1 % ; pour 3 diamètres, l'erreur ne vaut qu'un petit nombre de millièmes ; pour une longueur égale au diamètre, la méthode est pratiquement parfaite.

ÉLECTROSTATIQUE. — *La réaction de tension dans les machines électrostatiques.* Note (1) de M. **Pierre Jolivet.**

Les phénomènes électriques subissent une transposition lorsqu'on passe des machines électromagnétiques aux machines électrostatiques.

A la réaction d'induit, caractérisée par la modification de la force électromotrice sous l'effet du passage du courant dans l'induit, correspond, dans une machine électrostatique, le nouveau phénomène de la réaction de tension.

Dans une machine électrostatique donnée, le chargement des inducteurs détermine, non pas une force électromotrice, mais un courant de convection des charges sur le plateau en rotation à vitesse donnée. Multiplié par le nombre de peignes, ce courant de convection représente le courant mesuré en aval des pôles, augmenté des fuites de courant qui peuvent exister aux pôles et en amont des pôles (2).

Le phénomène observé se rapporte à la perturbation apportée au courant de convection par la tension U aux pôles de la génératrice tournant à vitesse constante et dont les inducteurs gardent une charge excitatrice invariable, cette charge étant déposée grâce à une ionisation préalable sur l'extérieur de l'isolant recouvrant les armatures inductrices.

Dans ces conditions et lorsque chaque armature est maintenue au potentiel du peigne situé en face d'elle, on constate que le courant de convection dépend de U dans une certaine mesure. Maximum pour $U = 0$ (court-circuit), ce courant subit une diminution quand U s'élève. Cette diminution, indépendante des fuites dont il est tenu compte, est d'ailleurs révélée qualitativement par l'observation de la luminosité des houppes aux pointes des peignes, luminosité qui diminue quand U s'élève.

(1) Séance du 12 novembre 1945.

(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 347.

D'après les expériences faites, la réaction de tension ne s'accompagne pas d'une variation du champ excitateur (dans la couche gazeuse séparant l'inducteur du plateau, en face du peigne), mais seulement d'une variation du champ de transfert (sur la face peignée du plateau, en face du peigne).

La diminution du courant de convection provient de l'augmentation du champ de transfert sous l'effet de l'élévation de la tension U [3].

La réaction de tension est d'autant plus accentuée que le champ de transfert est plus faible, soit par suite de la constitution des peignes, soit par suite du milieu gazeux utilisé.

La réaction de tension devient plus complexe lorsqu'on opère à tension constante et à vitesse de rotation variable.

Dans ce cas, et surtout quand la vitesse tend vers zéro, il se produit une diminution du champ de transfert tandis que le champ excitateur tend à augmenter.

Si le milieu gazeux ne peut pas supporter cette augmentation du champ excitateur, il survient une ionisation qui décharge la surface de l'isolant inducteur.

Lors de l'arrêt du plateau sous tension, on peut observer un tel déchargement, partiel ou total suivant la constitution des peignes.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Calcul de la fréquence propre perturbée d'une cavité électromagnétique (déformation de frontière).* Note [1] de M. **Théo Kahan**.

La composante axiale (suivant oz) du champ électrique d'une cavité électromagnétique cylindrique limitée par une surface parfaitement conductrice peut se mettre sous la forme

$$E_z(r, \varphi, t) = \sum_n J_n(k_{nm}r)[A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi]\, e^{j\omega t} \tag{1}$$

(J_n fonction de Bessel de première espèce d'ordre n). Sur la surface limite S (contour circulaire de la section droite), E_z est nul.

Ceci dit, faisons subir à la cavité une petite déformation, le rayon sera peu changé et l'on pourra poser

$$r = R + \Delta R, \tag{2}$$

où ΔR sera fonction quelconque de φ, $R = f(\varphi)$. En suivant une méthode due à L. Rayleigh, il en résultera la nouvelle condition aux limites

$$O = A_0[J_0(kR + k\,\Delta R) + \ldots + J_n(kR + k\,\Delta R)][A_n \cos n\varphi + B \sin n\varphi] + \ldots, \tag{3}$$

valable pour toute valeur de φ. Si maintenant notre cavité est le siège d'une

---

[3] *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 613.

[1] Séance du 19 novembre 1945.

vibration sensiblement du type $TM_{0,1}$ pour laquelle on aura à peu près $E_z = A_0 J_0(kr)$, tous les autres coefficients A_n et B_n seront relativement faibles, car le type d'oscillation s'écartera peu du type qui existerait si la section droite était rigoureusement circulaire. Il s'ensuit qu'en développant et en négligeant les termes tels que $A_n \Delta R \ll A_0 \Delta R$, l'expression (3) prendra la forme

$$(4) \quad A_0[J_0(kR) + k\,\Delta R J'_0(kR)] + \ldots + J_n(kR)[A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi] + \ldots = 0,$$

car $A_n \Delta R$, $B_n \Delta R (n \geq 1)$ seront de petites quantités de deuxième ordre. En intégrant (4) entre les limites 0 et 2π, nous obtenons

$$2\pi J_0(kR) + J'_0(kR) \int_0^{2\pi} k\,\Delta R\, d\varphi = 0.$$

Or ce sont là les deux premiers termes du développement en série de Taylor de $J_0\left[kR + (k/2\pi)\int_0^{2\pi} \Delta R\, d\varphi\right] = 0$. Tout se passe donc, du point de vue de la fréquence de l'oscillation perturbée, comme si le rayon était passé de R à la valeur moyenne $R_p = R + (1/2\pi)\int_0^{2\pi} \Delta R\, d\varphi$.

Si la section circulaire est légèrement déformée de façon à devenir elliptique, $r = R + \Delta R \cos^2\varphi$, et il viendra

$$R_p = R + \frac{\Delta R}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos^2\varphi\, d\varphi = R + \frac{\Delta R}{2}.$$

Cela équivaudra à une fréquence et une longueur d'ondes perturbées

$$kR = k_p R_p, \qquad \lambda_p = \lambda\left(1 + \frac{\Delta R}{2R}\right).$$

Si la déformation consiste en une faible variation uniforme du rayon, celui-ci passant de R à ΔR, on a immédiatement

$$R_p = R + \frac{\Delta R}{2\pi}\int_0^{2\pi} d\varphi = R + \Delta R \qquad \text{et} \qquad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta R}{R}.$$

C'est ce que fournit aussi la méthode décrite dans la Note précédente de l'auteur ([2]). En effet, dans ce cas,

$$E_0 = J_0(kr), \qquad \frac{\partial E_0}{\partial r} = kJ'_0(kr), \qquad E_0\frac{\partial E_0}{\partial n} = E_0\frac{\partial E_0}{\partial r} = kJ_0(kr)J'_0(kr),$$

$$\oint E_0 \frac{\partial E_0}{\partial n} ds = 2\pi k^2 R\,\Delta R J'_0(kR), \qquad \iint E_0^2\, dS = 2\pi \int_0^R J_0^2(kr)\, r\, dr,$$

$$\frac{\oint E_0 \frac{\partial E_0}{\partial n} ds}{\iint E_0^2\, dS} = 2k^2 \frac{\Delta R}{R},$$

([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 616.

et par conséquent $-\Delta k/k = \Delta R/R$, $\Delta\lambda/\lambda = \Delta R/R$. C'est ce qui résulte d'ailleurs aussi immédiatement de $kR = W_{0,1}$, où $W_{0,1}$ est la première racine de $J_0(W)$, $k\Delta R + R\Delta k = 0$. Reste à étudier la structure de l'onde perturbée. Pour cela, multiplions (4) respectivement par $\cos n\varphi$ et $\sin n\varphi$ et intégrons entre 2π et 0; il vient

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} &A_0 J'_0(kR)\int_0^{2\pi} k\,\Delta r\cos n\varphi\,d\varphi + \pi A_n J_n(kR) = 0,\\ &A_0 J'(kR)\int_0^{\pi} k\,\Delta r\sin n\varphi\,d\varphi + \pi B_n J_n(kR) = 0.\end{aligned}\right.$$

On en tire les rapports d'amplitude A_n/A_0 et B_n/B_0

$$\frac{A_n}{A_0} = -J'_0(kR)\frac{\displaystyle\int_0^{2\pi}\Delta r\cos n\varphi\,d\varphi}{\big(\pi J_n(kR)\big)},$$

$$\frac{B_n}{B_0} = -J'_0(kR)\frac{\displaystyle\int_0^{2\pi}\Delta r\sin n\varphi\,d\varphi}{\big(\pi J_n(kR)\big)},$$

et par suite

$$E_z(r,\varphi) = A_0\left\{ J_0(kR) - \ldots - k\frac{J_n(kr)}{\pi J_n(kR)} \times J'_0(kR)\left[\cos n\varphi\int_0^{2\pi}\Delta r\cos n\varphi\,d\varphi + \sin n\varphi\int_0^{2\pi}\Delta r\sin n\varphi\,d\varphi\right] + \ldots\right\}.$$

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Résonance non linéaire d'une particule relativiste dans le cyclotron.* Note (1) de MM. **Alexandre Andronov** et **Gabriel Gorélik**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude théorique du mouvement d'une particule relativiste dans le cyclotron, montre qu'il peut donner lieu à des phénomènes non linéaires rappelant ceux bien connus de ferro-résonance : la relation non linéaire entre la quantité de mouvement et la vitesse de la particule joue le même rôle que celle existant entre le flux et le courant dans le cas d'une bobine à noyau ferromagnétique. Nous étudions dans cette Note les mouvements périodiques qui peuvent s'établir, théoriquement du moins, par suite des pertes d'énergie par rayonnement et par collision. Notre attention a été attirée sur les questions concernant la théorie relativiste du cyclotron par les travaux de M. Vexler (2).

Considérons une particule relativiste de charge e se mouvant en spirale dans un cyclotron. Soit t_n l'époque où la particule traverse pour la $n^{\text{ième}}$ fois la fente

(1) Séance du 30 juillet 1945.

(2) *C. R. (Doklady) Acad. Sci. U. R. S. S.*, **43**, 1944, p. 329; **44**, 1944, p. 365.

accélératrice (supposée de largeur zéro), la quittant avec l'énergie E_{n+1}. Soient $V\sin\omega t$ la tension accélératrice, $f(E)$ l'énergie perdue en un demi-tour de spirale par une particule d'énergie E.

Le bilan énergétique fournit l'équation

$$(1)\qquad E_{n+1}-[E_n-f(E_n)]=eV\sin(\omega t_n+n\pi).$$

On peut écrire d'autre part

$$(2)\qquad t_{n+1}-t_n=\pi\frac{\overline{E_{n+1}}}{eHc},$$

c étant la vitesse de la lumière, H le champ magnétique, $\overline{E_{0+1}}$ l'énergie moyenne pendant le demi-tour t_n, t_{n+1}, et

$$(3)\qquad \overline{E_{n+1}}=E_{n+1}-\frac{1}{2}f(E_{n+1}).$$

Cherchons les solutions du système (1), (2), (3) telles que $E_n=E^\star$ quel que soit n. D'après (1)

$$f(E^\star)=eV\sin(\omega t_n+n\pi),$$

ce qui donne

$$(4)\qquad t_n=t_0+n(2s-1)\frac{\pi}{\omega}\ (s\text{ entier}),\quad f(E^\star)=eV\sin\omega t_0,$$

$$(5)\qquad E^\star-\frac{1}{2}f(E^\star)=(2s-1)\frac{eHc}{\omega}.$$

On a pour $s=1$ un mouvement périodique de période égale à celle du champ électrique. Pour $s>1$ il y a démultiplication de la fréquence. L'équation (5) détermine, s une fois fixé, une valeur de $E^\star$ pour toute valeur de $H>H_0^{(s)}$ où $eH_0^{(s)}c/\omega(2s-1)=E_0$, E_0 étant l'énergie au repos. L'équation (4) détermine pour $f(E^\star)<eV$ deux valeurs réelles de t_0, qui se confondent lorsque $f(E^\star)=eV$; pour l'une d'elles $\cos\omega t_0<0$, pour l'autre $\cos\omega t_0>0$. Lorsque $f(E^\star)>eV$, les valeurs de t_0 sont imaginaires : il n'existe pas de mouvement périodique du type recherché.

L'analyse de la stabilité par la méthode des petites perturbations montre que seule est stable la solution pour laquelle $\cos\omega t_0<0$.

Considérons le cas $s=1$. Faisons croître le paramètre H à partir de la valeur $H_0^{(s=1)}$. L'énergie $E^\star$ du mouvement périodique augmentera d'abord d'une façon continue à partir de la valeur E_0. Lorsque $E^\star$ aura atteint la valeur, qui pourra être très considérable, déterminée par la condition $f(E^\star)=eV$, il se produira un changement discontinu de régime, l'énergie tombera brusquement à une valeur différant très peu de E_0 et dont le calcul sort du cadre de cette Note. Faisons varier H en sens inverse. Il y aura hystérésis : l'énergie restera petite et voisine de E_0. La ressemblance avec les phénomènes de ferro-

résonance apparaît d'une façon encore plus frappante si l'on tient compte de la largeur finie de la fente accélératrice.

La discussion des régimes de démultiplication ($s > 1$) conduit à des conclusions analogues.

CHIMIE MINÉRALE. — *Point de fusion du bore.*

Note [1] de M. **Jean Cueilleron**, présentée par M. Paul Lebeau.

Tant à cause des difficultés que présente la préparation de bore pur qu'à cause de celles que l'on rencontre au cours des mesures, un très petit nombre d'auteurs ont cherché à déterminer le point de fusion du bore.

Les chiffres indiqués jusqu'ici s'étagent entre 2000 et 2500° C., avec des erreurs souvent très importantes [2]. Il faut dans leur ensemble adresser deux critiques à ces chiffres :

a. le bore utilisé est souvent d'une pureté douteuse;

b. les températures indiquées ne sont pas des températures réelles mais, presque toujours, des températures de brillance, les mesures étant faites par visées au moyen d'un pyromètre sur la surface du bore, dont le pouvoir émissif est inconnu.

Nous avons déterminé le point de fusion du bore pur cristallisé préparé par réduction du chlorure de bore par l'hydrogène dans un arc haute fréquence [3], en utilisant un bloc Maquenne chauffé à l'hydrogène atomique et constitué par une barre de tungstène de section rectangulaire (6×3^{mm}) et de 10^{cm} de long. Cette barre, disposée horizontalement, est chauffée à l'une de ses extrémités, le dard de la flamme étant situé à 3 ou 4^{mm} au-dessous de la face inférieure. L'échantillon est posé sur la face supérieure, le dard et l'échantillon étant dans un même plan vertical.

La détermination du point de fusion se fait en mesurant, au moyen d'un pyromètre à disparition de filament et à coin absorbant [4], la température du bloc de tungstène lorsque l'échantillon s'affaisse sur celui-ci.

Cette technique permet d'opérer dans une atmosphère neutre vis-à-vis du bore et d'entraîner les vapeurs très opaques émises par ce corps dès 1200° [5] et qui sont capables de fausser les mesures. D'autre part l'excellente conductibilité thermique du tungstène assure un chauffage

---

(1) Séance du 19 décembre 1945.

(2) Weintraub, *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **16**, 1909, p. 165; *J. Amer. Chim. Soc.*, **37**, 1915, p. 1646; *J. Engr. Chem.*, **3**, 1911, p. 165; Tiede et Birnbrauer, *Z. anorg. Chem.*, **87**, 1914, p. 143; *Circular of the Bureau of Standards*, **35**, 4e édition, 1er décembre 1919; Gurtler et Pirani, *Z. Metallk.*, **11**, 1919, p. 3; Kahlenberg, *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **47**, 1925, p. 23.

(3) Hackspill et Cueilleron, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 458.

(4) Ribaud, *Revue d'Optique*, **5**, 1926, p. 289.

(5) Weintraub, *loc. cit.* (2).

uniforme de la partie utile du bloc, cependant que la très faible vitesse de vaporisation du tungstène aux environs de 2000° ([6]) empêche toute contamination du bore par le métal.

En opérant avec des échantillons de quelques millimètres cubes de bore, nous obtenons, après correction, tenant compte du pouvoir émissif du tungstène, des valeurs comprises entre 1992 et 2240° C.

De façon à éliminer toute erreur provenant de l'étalonnage du pyromètre, des corrections de pouvoir émissif et des différences de température existant entre le bloc et l'échantillon, nous avons, en prenant dans des conditions identiques les points de fusion du platine (1773° C.) et de l'iridium (2454° C.), tracé la courbe graduations du pyromètre-températures exactes. Nous obtenons alors pour point de fusion du bore des chiffres compris entre 2000 et 2075° C.

La dispersion assez importante des lectures faites au pyromètre tant avec le bore qu'avec le platine et l'iridium, due à la rapidité avec laquelle se produit la fusion, explique l'écart de 75° qui existe entre les chiffres précédents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Akuammigine et corynanthéine.*

Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré, il y a déjà longtemps, que c'est par l'addition de CH^2, et non point de OCH^2 comme on le croyait alors, que la formule de la corynanthéine diffère de celle de deux alcaloïdes stéréo-isomères, la yohimbine et la corynanthine. Depuis lors nous avons pu prouver qu'une des bases découvertes par T. A. Henry dans les semences de *Picralima nitida* (Stapf) T. et H. Durand : l'akuammidine, dont on ignorait encore la constitution, est en réalité extrêmement voisine de la yohimbine dont elle paraît être le dérivé dédihydrogéné.

Or, parmi les autres alcaloïdes des graines de *Picralima nitida* il en est un : l'akuammigine, dont la formule diffère de celle de l'akuammidine exactement comme la formule de la corynanthéine se distingue de celle de la corynanthine et de la yohimbine, c'est à savoir par l'addition de CH^2.

Retrouve-t-on entre l'akuammigine et la corynanthéine l'analogie que nous avons découverte entre l'akuammidine et la yohimbine ? Pour en décider, nous avons recherché si la substitution du groupe méthyle réalisée dans les deux premières entraîne des modifications correspondantes de leurs effets physiologiques et des variations analogues de leurs spectres d'absorption dans l'ultraviolet.

([6]) Langmuir, *Phys. Z.*, 14, 1913, p. 1273.

On sait déjà que l'activité sympathicolytique de la corynanthéine [1] est très nettement inférieure à celle de la corynanthine. On sait aussi que le pouvoir sympathicolytique de l'akuammidine est plus faible que celui de la corynanthine. Des expériences récentes nous ont appris que, même à des doses de 50 mg/kg, le chlorhydrate d'akuammigine ne réduit qu'assez peu la hausse de pression provoquée par de petites quantités d'adrénaline et ne supprime même pas la vasoconstriction rénale qui accompagne cette hypertension.

Quant aux spectres d'absorption dans l'ultraviolet, si celui de l'akuammidine est pratiquement identique à celui de la yohimbine, celui de l'akuammigine ne diffère pas sensiblement de celui de la corynanthéine.

On ne connaît à ce jour qu'un très petit nombre de cas de présence d'une même base dans deux familles végétales différentes, mais on ne savait pas encore, à ce que nous croyons, que deux alcaloïdes d'une même plante puissent se retrouver sinon tout à fait, du moins presque identiques, dans un autre végétal appartenant à une famille universellement considérée comme tout à fait distincte.

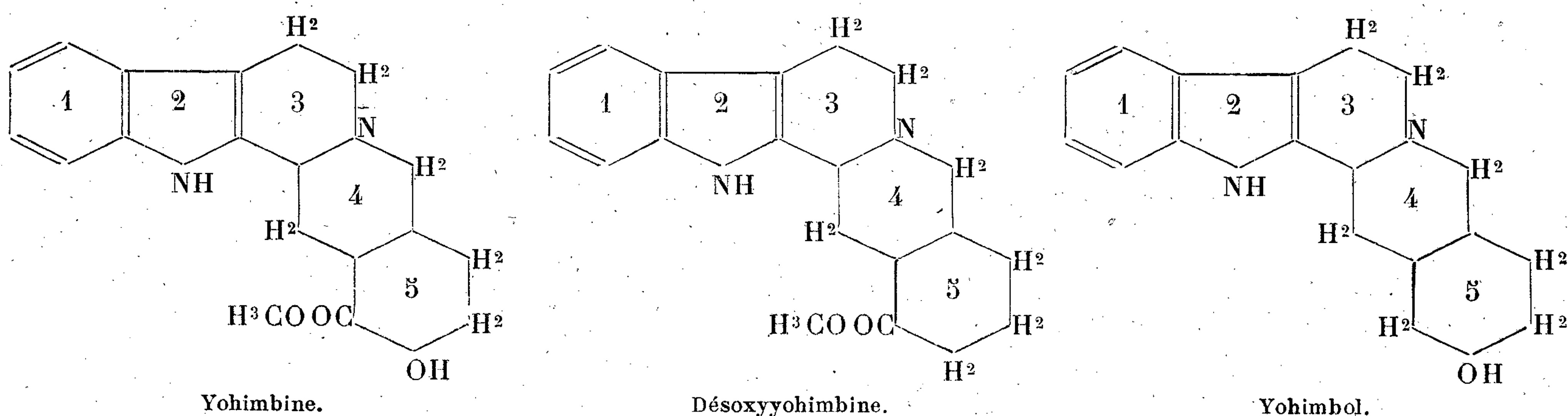
Quant au squelette nucléaire de l'akuammigine et de la corynanthéine, nous considérons comme très vraisemblable qu'il comporte les 5 cycles fondamentaux de la yohimbine, mais nous n'avons pas encore pu déterminer avec certitude celui ou ceux des 5 noyaux sur lesquels s'effectue la substitution du ou des deux groupes méthyles.

Ayant admis une certaine analogie des spectres d'absorption dans l'ultraviolet de la corynanthéine et de la diacétylyohimbine, Goutarel et Berton (*Comptes rendus*, 217, 1943, p. 71) ont voulu l'expliquer par un blocage dans les deux cas du groupement oxhydrile auquel se substituerait pour la première un groupe méthyle, pour la seconde un deuxième groupe

---

(1) Nous avons utilisé, soit un chlorhydrate de corynanthéine obtenu par recristallisation dans le chloroforme, puis dans l'eau, et contenant encore une très faible proportion d'un isomère récemment isolé par Janot et Goutarel, la corynanthéidine, soit une corynanthéine cristallisée tout à fait pure que nous dissolvions au moment de l'emploi dans de l'eau acidulée par la quantité calculée d'acide chlorhydrique. Le chlorhydrate que nous avions préparé à partir de cette base cristallisée, dont, par suite du peu d'écorce dont nous disposions, nous ne possédions alors qu'une faible quantité, avait fourni des résultats microanalytiques assez différents de ceux qu'on attendait pour laisser soupçonner une altération de ladite base; en effet, alors que la base avait donné des teneurs en carbone (71,37-71,19 %), en hydrogène (7,49-7,43 %), en azote (7,88-7,84 %) et en OCH^3 (16,45-16,39 %), qui s'accordent bien avec ceux qu'exige notre formule $C^{22}H^{28}N^2O^3$, soient 71,73 % pour C, 7,60 % pour H, 7,60 % pour N, 16,76 % pour OCH^3, le chlorhydrate n'avait conduit qu'à des valeurs : C, 63,07-62,86 % ; H, 7,30-7,27 % ; N, 6,92-7,12 % ; Cl, 7,84-8,08 % ; OCH^3, 12,13-12,43 %, qui cadrent incomplètement avec celles que veut la formule $C^{22}H^{28}N^2O^3.HCl$, soient C, 65,23 % ; H, 7,22 % ; N, 6,92 % ; Cl, 8,73 % ; OCH^3, 15,33 %.

acétyle, le premier, celui du dérivé monoacétylé, s'étant fixé sur l'amine du noyau 2. Mais ces assertions sont en désaccord avec certaines de nos observations. Nous avons pu nous assurer, en effet, que l'élimination de l'oxhydrile (désoxyyohimbine) ou du carbométhoxyle (yohimbol) n'entraîne pas de modification sensible du spectre d'absorption dans l'ultraviolet.



Yohimbine. Désoxyyohimbine. Yohimbol.

Pour nous, la substitution acétylée s'effectue dans la monoacétylyohimbine sur l'oxhydrile du 5ᵉ noyau, dans la diacétylyohimbine sur cet oxhydrile et sur l'amine du 2ᵉ noyau, cette seconde substitution entraînant une profonde substitution du spectrogramme que la première laisse au contraire inaltéré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshalogénation de quelques chloro-2 amino-1 cyclanes.* Note (¹) de MM. **Max Mousseron** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parallèlement aux halohydrines et amino-alcools cyclaniques, l'étude des amines chlorées alicycliques offre un intérêt.

Ces composés sont obtenus selon le procédé d'Osterberg et Kendall (²), par action à 0° du pentachlorure de phosphore en milieu benzénique sur le chlorhydrate de l'amino-alcool correspondant; ainsi l'amino-2 cyclohexanol fournit le chloro-2 amino-cyclohexane, dédoublable en ses composants actifs par l'intermédiaire de son tartrate neutre, $[\alpha]_{546}$ + 16°,45 et $[\alpha]_{579}$ + 14°,65 et séparation du tartrate *d* de l'amine *l*, $[\alpha]_{546}$ — 19°,80 et $[\alpha]_{579}$ — 17°,40. L'activité optique du chloro-2 amino-cyclohexane *l* ainsi obtenu, $[\alpha]_{546}$ — 56°,3 et $[\alpha]_{579}$ — 49°,9, est voisine de celle que possède le chloro-2 amino-cyclohexane préparé par action du pentachlorure de phosphore sur l'amino-2 cyclohexanol actif (³).

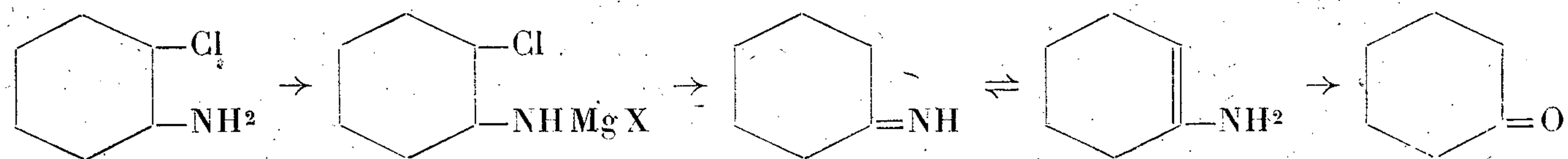
Lorsque l'on fait réagir sur un chloro-2 amino-1 cyclane le bromure

(¹) Séance du 26 novembre 1945.

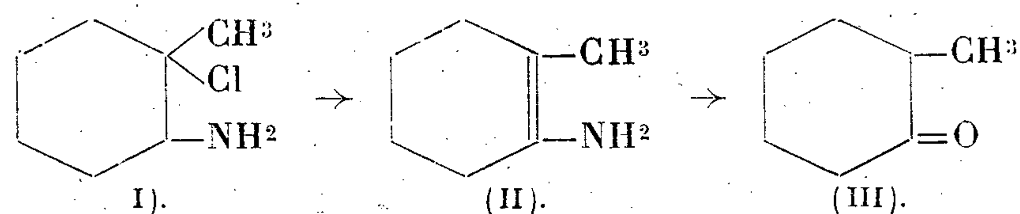
(²) *J. Am. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2616.

(³) Godchot et Mousseron, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 53, 1933, p. 864.

d'éthylmagnésium en milieu éthéré très dilué, après hydrolyse le dérivé chloré est retrouvé partiellement inaltéré; mais si l'on fait fuser la masse, il est transformé presque intégralement en cyclanone correspondante. Le mécanisme suivant peut être invoqué :



Plusieurs arguments sont en sa faveur : *a.* dans le cas du chloro-2 diméthylamino-1 cyclohexane l'action du bromure d'éthylmagnésium est nulle, tandis que le chloro-2 méthylamino-1 ou les chloro-2 éthyl- et butyl-amino-1 cyclohexanes, possédant encore un hydrogène libre sur la fonction aminée, donnent la cyclohexanone; *b.* on connaît l'instabilité de la forme cétimine ou énamine intermédiaire ([4]) et leur hydrolyse immédiate en cétone; *c.* de plus, quand on fait agir le bromure d'éthylmagnésium sur le méthyl-2 chloro-2 amino-1 cyclohexane actif sur la lumière polarisée, on obtient la méthyl-2 cyclohexanone racémique. Ce résultat montre l'existence d'une forme intermédiaire énamine (II), telle que l'asymétrie se trouve supprimée :



Au point de vue stérique, l'obtention des cyclanones indiquerait, selon les idées de Tiffeneau ([5]), que l'on se trouve en présence de l'isomère *cis* du chloro-2 amino-1 cyclane considéré. En effet la diazotation du chloro-2 amino-1 cyclohexane conduit au chloro-2 cyclohexanol *cis*, caractérisé par l'obtention de la cyclohexanone après traitement à la soude selon la méthode de Bartlett ([6]).

La formation de cétone s'observe encore en série cyclopentanique, heptanique ou octanique.

L'action de l'eau est identique. Avec les chloro-2 amino-cyclanes non substitués on observe un dégagement d'ammoniac qui accompagne la formation de la cétone. Lorsqu'il s'agit des chloro-2 alcoylamino-1 cyclanes, c'est l'amine primaire qui s'élimine et dans le cas des chloro-amines tertiaires, l'halogène reste fixé, comme nous l'avons indiqué plus haut. La vitesse d'hydrolyse, $K_{80^\circ} = 410.10^{-4}$ pour le chloro-2 amino-1 cyclohexane, est supérieure à la constante de vitesse d'hydrolyse du chloro-2 cyclohexanol, $K_{80^\circ} = 210.10^{-4}$.

([4]) MIGNONAC, *Ann. Chim. Phys.*, (11), **2**, 1934, p. 256.
([5]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1412; **216**, 1943, p. 857.
([6]) *J. Am. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 226.

Cette réaction permet enfin de fixer facilement la position du groupe aminogène des amino-2 cyclanols substitués.

Le dérivé chloré de l'amino-alcool provenant du méthyl-3 cyclopentène par l'intermédiaire de la bromhydrine mène ainsi, après hydrolyse, à la méthyl-3 cyclopentanone; il en résulte que l'amino-alcool doit être le méthyl-3 amino-1 cyclopentanol-2. De façon semblable, la constitution du méthyl-4 amino-2 cyclohexanol se trouve confirmée par l'obtention de la méthyl-3 cyclohexanone ([7]). La formation de l'hydrindone-2 vérifie similairement la structure de l'amino-2 hydrindanol-3 de Pope et Read ([8]).

La déshalogénation du chloro-2 amino-1 cyclohexane par le sodium en milieu éthéré provoque également l'élimination du groupe aminogène, avec formation de cyclohexadiène.

En résumé, l'action du pentachlorure de phosphore sur les amino-2 cyclanols s'accompagne d'une inversion de Walden conduisant à des chloro-2 amino-1 cyclanes *cis*. La déshalogénation magnésienne ou hydrique de ces composés confirme leur configuration spatiale; de même, le passage aux chlorhydrines *cis* en fournit une autre preuve. La réaction appliquée au méthyl-2 chloro-2 amino-1 cyclohexane optiquement actif, nous a permis de donner une explication de la formation de la méthyl-2 cyclohexanone, que l'on peut généraliser à l'obtention de toutes les cyclanones par cette voie. Elle offre enfin la possibilité de résoudre facilement certains problèmes délicats de constitution.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Détermination, par un procédé mécanique, de la vitesse de polycondensation des résines thermodurcissables.* Note de MM. **Georges Champetier**, **Georges Nedey** et **Bernard Persoz**, présentée par M. Louis Hackspill.

La polycondensation des résines thermodurcissables, telles que les phénoplastes, les aminoplastes, les glyptals, conduit à des matières insolubles et infusibles dont il est difficile de suivre le processus de durcissement par des procédés chimiques ou physicochimiques. Nous avons utilisé une méthode mécanique qui a déjà reçu quelques applications pour étudier le séchage de revêtements tels que les vernis et les peintures ([1]).

En principe, ce procédé consiste à faire osciller sur le revêtement en cours de séchage un pendule dont on mesure l'amortissement en fonction du temps. Nous avons opéré de même en étendant, en couche mince, la résine thermodurcissable sur une plaque de verre ou de métal.

([7]) Koetz et Markel, *J. für prakt. Chem.*, (2), **113**, 1926, p. 62.

([8]) *J. Chem. Soc. London*, **99**, 1911, p. 2071.

([1]) Koenig, *Korrosion und Metallschutz*, **16**, 1940, p. 344; B. Persoz, *Peintures, Pigments, Vernis*, **21**, 1945, p. 194.

Le pendule utilisé est constitué par un cadre en acier muni, à la partie inférieure, d'une aiguille. Il repose sur la couche de matière plastique par l'intermédiaire de deux billes d'acier dont il est solidaire (*fig.* 1). On le

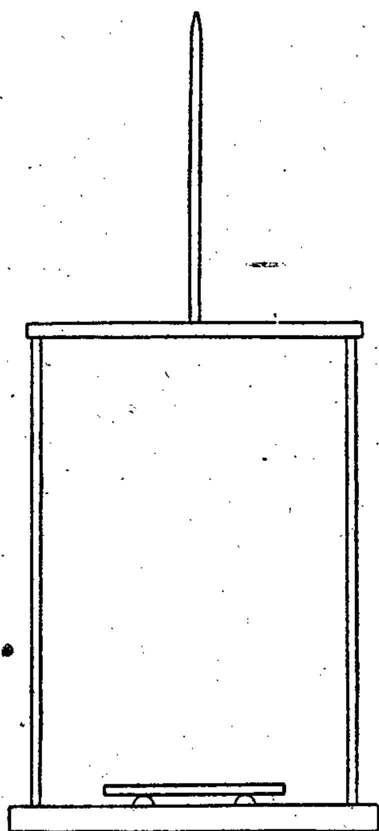


Fig. 1.

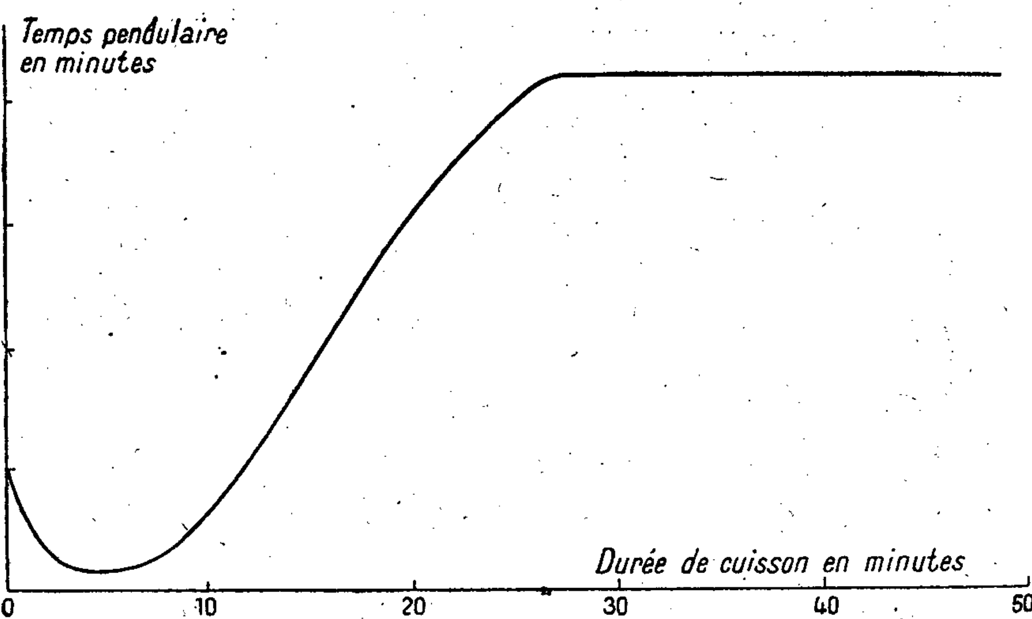


Fig. 2.

fait osciller avec une amplitude initiale bien déterminée et l'on mesure son amortissement qui dépend : 1° de l'enfoncement des billes, c'est-à-dire de la dureté de la substance; 2° du coefficient de frottement intérieur si l'on ne dépasse pas la limite élastique, ou, dans le cas contraire, de la plasticité de la substance. L'amortissement observé est le même que celui qui proviendrait d'une force de frottement solide superposée à une force de frottement *visqueux*.

Nous avons été conduits à adopter pour la mesure de la dureté des résines thermodurcissables un pendule ayant les caractéristiques suivantes : diamètre des billes 8^{mm}; masse du pendule, 500^{g}; distance du centre de gravité du pendule à la surface de l'enduit, 6^{cm}.

Nous appelons *temps pendulaire* le temps que met le pendule pour passer de l'amplitude initiale de 12° à l'amplitude finale de 4°.

Chaque détermination doit être effectuée après déplacement du pendule, de manière à ce qu'il repose sur une partie du revêtement encore vierge. Lorsqu'il s'agit d'une résine dont le durcissement est provoqué par chauffage, il est nécessaire d'attendre le refroidissement de la substance avant d'effectuer la mesure du temps pendulaire.

Le temps pendulaire, qui, pour une durée de chauffage nulle, est assez grand puisque les billes roulent directement sur le subjectile au travers du revêtement fluide, diminue à mesure que celui-ci s'épaissit, passe par un minimum, puis s'élève lorsque la dureté croît parallèlement à l'augmentation du poids macromoléculaire de la résine. Lorsque la polycondensation est terminée et que la résine cesse d'évoluer, le temps pendulaire ne varie

plus, ce qui se traduit par un palier sur la courbe représentant la variation du temps pendulaire en fonction de la durée de chauffage (*fig.* 2).

Ce procédé a été appliqué à l'étude du durcissement des résines glycérophtaliques et des résines urée-formol sous l'action des rayonnements infrarouges et ultraviolets.

PALÉONTOLOGIE. — *Les organes de Pander des Trilobites asaphidés.* Note de M. **Pierre Hupé**, présentée par M. Charles Jacob.

Reprenant l'étude de ces organes découverts par Pander en 1857, j'ai été amené à modifier leur définition, à restreindre et à préciser leur rôle et à proposer une première esquisse de leur évolution.

1° *Définition de l'organe.* — Tel qu'il est décrit par les auteurs, c'est une petite protubérance elliptique, faisant saillie à la face inférieure de chacune des plèvres thoraciques et occipitales. En outre, sur la protubérance ou à son voisinage immédiat, les auteurs récents observent un orifice considéré comme glandulaire ou respiratoire par P.-E. Raymond (¹), comme néphridien par P. Siegfried (²).

L'étude du beau matériel de la collection de Verneuil, actuellement à l'École des Mines, me conduit, soit par observation directe, soit à l'aide de sections sériées et colorées, à définir non pas un, mais *trois types d'organes de Pander*.

a. Type Asaphus. — Saillie elliptique (à grand axe de l'ordre de 1^{mm}, petit axe variable et hauteur de l'ordre de $0^{mm},5$), située vers le tiers proximal de la face inférieure de la plèvre, plus près du bord antérieur que du bord postérieur. Le grand axe fait avec le bord pleural antérieur un angle de 10 à 20 degrés. La saillie correspond tantôt à un *repli* de la carapace (avec, le plus souvent, épaississement du versant antérieur et amincissement du postérieur) *sans orifice d'aucune sorte*, tantôt à un très fort *épaississement tégumentaire, sans repli, mais accompagné d'une perforation*, allongée au pied de la protubérance, du côté postérieur. Cette perforation, absente chez le jeune, inconstante chez l'adulte, correspond simplement à une *lacune de fossilisation*, liée à un amincissement extrême du tégument post-pandérien et constituant simplememt un cas particulier de l'amenuisement bien connu du tégument ventral des Trilobites. Les nervures (lignes en terrasse) subissent une duplication au droit de la protubérance.

Le type Asaphus s'observe dans les genres *Asaphus, Basilicus, Isotelus, Megalaspis, Ogygia* etc. C'est de beaucoup le plus répandu.

b. Type Nileus. — Observé dans le genre *Nileus*. Crête elliptique, étroite, de même position et de même inclinaison que dans le type précédent, mais de longueur relative à peu près double (env. 2^{mm}). C'est un simple repli tégumentaire, sans variation notable d'épaisseur et sans perforation. Immédiatement en arrière, le nombre des nervures augmente dans la proportion de 1 à 2,5 ou 3, et leur direction change brusquement : subparallèles à l'axe du corps en arrière du repli, elles se coudent d'environ 90 degrés en avant de lui. Cette inflexion n'existe pas dans le type Asaphus.

(¹) P.-E. Raymond, *Mem. Connecticut Acad. Arts and Sciences*, 7, 1920, p. 90.
(²) P. Siegfried, *Acta ad res Naturæ Estonicæ perscrutandas*, I, II, 1936, p. 25.

c. Type Symphysurus. — Observé dans le genre *Symphysurus*. Crête de longueur à peu près double de celle du type précédent (donc quadruple de chez *Asaphus*), traversant obliquement la plèvre avec la même inclinaison que ci-dessus et présentant une partie culminante qui est un peu plus longue que dans le type Nileus. Ni variation d'épaisseur du tégument, ni orifice. Multiplication des nervures comme dans le type Nileus, mais dans une proportion plus élevée encore (de 1 à 4). Inflexion identique.

En résumé, au point de vue morphologique, *l'organe de Pander se réduit à une crête de longueur progressivement croissante quand on passe du type Asaphus au type Symphysurus. L'orifice décrit par les auteurs ne représente qu'un défaut de fossilisation.*

2° *Rôle de l'organe.* — Il suffit d'observer des individus enroulés pour comprendre immédiatement le rôle de la crête : *c'est un buttoir, qui limite le glissement des plèvres à la fin de l'enroulement.* Celui-ci achevé, la coaptation plèvre-organe de Pander est absolument parfaite dans les types Symphysurus et Nileus et jamais la plèvre ne glisse au delà de la saillie pandérienne. La disposition des nervures en arrière de l'organe facilite le glissement, tandis que leur inflexion en avant renforce la résistance au serrage. Dans le type Asaphus au contraire, la plèvre franchit fréquemment la saillie dont le rôle s'avère inconstant.

3° *Évolution.* — La série morphologique et, dans une certaine mesure, fonctionnelle que nous venons d'esquisser appelle l'idée d'une dérivation orthogénétique. Si l'absence de données complètes sur la phylogénie des Asaphidés empêche d'étudier dans le détail l'évolution de ce dispositif coaptatif, du moins le sens en est-il aisé à définir : dans le phyllum Symphysurus-Nileus, l'antériorité du genre Nileus ([3]) montre que *l'évolution s'est faite dans un sens régressif.*

L'hypothèse se trouve indirectement vérifiée par l'étude de l'ensemble des anneaux thoraciques d'un même individu. On observe, en effet, du 8e au 1er, à la fois une diminution progressive de la taille des organes de Pander et une augmentation graduelle de la largeur des rachis, c'est-à-dire le passage à des somites de plus en plus évolués.

Il semble légitime d'admettre *une orthogénèse qui, partant d'une* [*coaptation parfaite* au sens de L. Guénot ([4])], *celle de la longue crête du type Symphysurus, aboutit à une dystélie,* c'est-à-dire à un dispositif sans grande efficacité, *avec le bouton du type Asaphus.* Non seulement l'organe est devenu à peu près inutile, mais l'extrême fragilité du tégument adjacent ne devait pas laisser d'être un danger, et il est possible que certaines des perforations observées datent du vivant même de l'animal et aient été cause de sa mort.

([3]) P.-E. Raymond, *Trans. Royal Society of Canada,* Sect. IV, 1911, p. 113.

([4]) Guénot, *L'Adaptation,* 1925, p. 265.

CRYPTOGAMIE. — *Rôle physiologique de l'hématochrome des* Trentepohlia. Note de M. **Armand Hérisset**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les Trentepohliacées sont des Algues qui renferment de l'hématochrome dans leurs éléments végétatifs. Chez les *Trentepohlia* angevins, il se montre très abondant et en grains fins dans les colonies à végétation normale; par contre, dans les souches à vitalité réduite, il est condensé en une ou quelques grosses gouttes. Il est absent dans les cellules gonidiales. C'est un caroténoïde dissous dans des gouttelettes lipidiques. Le rôle physiologique de cette substance complexe est fort discuté. Pour la plupart des auteurs, elle se comporterait comme un écran protecteur de la chlorophylle, en absorbant les rayons de petite longueur d'onde du spectre. Pour d'autres (Senn, Geitler), il s'agirait d'une substance de réserve.

De nouvelles observations nous montrent que l'hypothèse attribuant à l'hématochrome le rôle de substance de réserve est *seule capable* d'expliquer l'ensemble des faits expérimentaux : les cellules n'utilisent pas leur glucose pour produire de l'amidon, elles s'en servent *pour synthétiser le complexe lipochrome-solvant lipidique.*

Nous avons obtenu des colonies de *T. aurea* (L.) Mart. en cultures pures sur milieux naturels (tube renfermant un fragment d'ardoise, dont la base baigne dans l'eau de pluie ou l'eau de Loire). Au début, pendant la période de croissance plus active, l'hématochrome diminue et se montre au centre de la cellule en fines gouttes, comme si une certaine quantité était consommée. Puis, pendant la période de vie normale, il se rapproche de l'aspect dans la nature. Enfin, durant la phase qui précède la mort, il disparaît : *ces variations quantitatives nous permettent donc de suivre la vitalité de l'Algue* et ce sont ces faits qui nous avaient tout d'abord suggéré l'idée qu'il pourrait jouer le rôle de substance de réserve. Dans une telle culture mise à sécher à l'air libre, le pigment reprend son aspect normal, car la croissance étant arrêtée, il s'accumule dans la cellule. De même, nous avons observé que, dans les souches qui, à l'état libre, présentaient une vitalité réduite, le lipochrome se présente presque toujours en grosses gouttes : c'est que la croissance réduite permet à la matière de réserve de s'accumuler.

Des fragments d'Algue desséchés artificiellement ou naturellement montrent l'hématochrome condensé en une ou quelques grosses gouttes : de tels fragments mis en cultures, verdissent brusquement au bout de quelques jours : les filaments sont presque tous sans hématochrome, quelques-uns renferment de la chlorophylle, la plupart sont vides, morts. Ce comportement s'explique facilement avec notre hypothèse : au moment de la dessiccation, la croissance s'arrête, le pigment s'accumule dans les cellules; puis lors de la mise en culture, l'Algue végète quelque temps

en consommant ses réserves : d'où la disparition du lipochrome. Enfin, ayant épuisé celles-ci, l'Algue meurt lentement.

Par contre, dans les cultures faites aux températures comprises entre o et — 6°, qui sont celles où l'Algue végète le mieux, l'hématochrome présente un aspect identique à celui qu'il montre dans la nature.

Il est bon de remarquer que dans tous ces essais, l'éclairage n'a pas varié : la première hypothèse ne permet donc pas d'expliquer aucun des faits constatés.

Nous avons effectué des séries de cultures sur les milieux classiques glucosés, certains étant placés à l'obscurité : ce sont dans ces derniers que le pigment s'est montré le plus dense, il est si abondant même qu'il imprègne le substratum : s'il n'était qu'un écran, il devrait disparaître dans ces conditions. Par contre, si l'on admet qu'il est une matière de réserve, il est normal de le voir augmenter quand la plante se trouve dans des conditions de développement optima. Malgré l'abondante production des fructifications, qui consomme une grande quantité d'aliments, les conditions de vie sont si favorables que l'Algue peut produire une grande quantité de réserves.

Afin de mettre en évidence d'une manière absolue le rôle du lipochrome, nous avons repiqué un fragment de culture, obtenu à l'obscurité, sur un tube-ardoise contenant de l'eau distillée stérile et nous l'avons placé à l'obscurité : au bout de trois semaines, l'Algue est presque devenue verte. Un examen microscopique montre que le pigment a presque complètement disparu. L'Algue a donc végété en consommant ses réserves, c'est-à-dire l'hématochrome.

Quelques observations nouvelles, faites à l'occasion d'essais de synthèse de Graphidées, vont nous permettre de confirmer notre manière de voir : l'hypothèse classique explique bien que l'Algue-gonidie, enfermée à une certaine profondeur dans le liège, se trouve par là-même mieux protégée contre la lumière et fabrique moins d'hématochrome. Mais, dans nos essais de synthèse, même au début de la lichénisation, on note une réduction notable du pigment. A ce stade, l'Algue n'est pas sensiblement mieux protégée contre la lumière que si elle était complètement libre. Par contre, si l'hématochrome est une substance de réserve, on s'explique très bien que le Champignon étant très avide de glucose, cette substance dans l'Algue soit entièrement absorbée par celui-ci et ne puisse plus servir à la synthèse du pigment.

Enfin, un Lichen cultivé sur milieu glucosé montre des gonidies qui ne contiennent pas de caroténoïdes. Par contre, un *Trentepohlia* isolé d'une Graphidée et mis en culture sur milieu glucosé se charge de pigment comme l'Algue libre. Une culture identique placée devant une ampoule électrique de 50 W (dont la lumière est filtrée par une boîte de Petri remplie d'eau) n'a pas montré une quantité plus élevée de lipochrome, et celui-ci n'est pas apparu plus précocement.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la catalase des feuilles de* Prunus persica *et ses variations dans les tissus atteints de chlorose spécifique des sols calcaires.* Note [1] de MM. **Gustave Drouineau** et **Pierre Gouny**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude de la catalase des feuilles de *Prunus persica* a été faite sur des suspensions diluées et homogènes obtenues par broyage avec du sable pur, en présence d'un tampon. L'activité de la catalase a été mesurée par le dégagement d'oxygène libéré dans l'action de cette suspension sur une eau oxygénée neutre et de faible titre, en milieu tamponné. Nous avons vérifié la proportionnalité existant à chaque instant entre la quantité de catalase entrant en réaction et la quantité d'oxygène libéré pour le mode opératoire utilisé. Le dégagement d'oxygène est indépendant de la concentration du milieu en eau oxygénée pour des concentrations variant entre 0,40 et 0,70 N à 25°.

a. Influence de la température. — Le dégagement total d'oxygène est maximum entre 0 et 10°. Pour des températures supérieures cette quantité diminue, mais par contre la vitesse de dégagement augmente sensiblement. Le coefficient de van't Hoff, calculé pour un grand nombre de réactions, est voisin de 2 entre 0 et 40°. La destruction complète de la catalase de *Prunus persica* n'est obtenue qu'après le maintien des préparations à 70° pendant 1 heure.

b. Influence de la réaction. — L'optimum d'activité est compris entre pH 7,3 et pH 7,9. La baisse d'activité est beaucoup plus marquée en zone acide qu'en zone alcaline. Elle n'est plus que le quart du maximum à pH 6,4.

c. Inhibition de la catalase par les cyanures. — Cette inhibition se manifeste à partir d'une concentration en CNH du milieu variable suivant l'âge de la feuille et la saison. La concentration correspondant au seuil d'inhibition est comprise entre 5.10^{-5} et 1.10^{-5} à 25°. La sensibilité de la catalase est d'autant plus grande que la température est plus basse. A 10° la concentration 1.10^{-5} produit une forte diminution de la quantité totale d'oxygène dégagée, accompagnée d'une période de latence au début de la réaction pour des tissus dont la catalase résiste à une concentration 4.10^{-5} à 25°. Le problème de la sensibilité à CNH de la catalase des feuilles de *Prunus persica* revêt un intérêt particulier en raison de la présence de glucosides cyanogénétiques facilement hydrolysables dans leurs tissus. On constate que la catalase peut supporter des quantités de CNH nettement plus fortes que celles qui peuvent se former au maximum par hydrolyse dans les tissus broyés.

d. Teneur en catalase des feuilles atteintes de chlorose calcaire. — Cette

(1) Séance du 19 novembre 1945.

teneur est sensiblement la même au début de la saison dans les tissus sains et malades. Elle décroît rapidement dans les feuilles chlorosées à partir du 15 mai, pour n'atteindre que le quart de celle des feuilles saines. Cette diminution de la catalase n'est pas en rapport avec celle de l'intensité respiratoire, qui est très peu marquée.

La même diminution de la catalase se retrouve dans les feuilles chlorosées de *Tydonias vulgaris* (Pers.) et de *Pyrus communis* (L.) cultivés en terrain calcaire.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action sur les végétaux d'un accroissement local de la concentration du milieu en ions phosphoriques*. Note de MM. **Georges Barbier**, **Jean Chabannes** et **André Marquis**, présentée par M. Maurice Javillier.

Lorsqu'un engrais phosphaté a été enterré par un labour, ses ions phosphoriques sont retenus au voisinage immédiat des points d'incorporation des particules de phosphates, et diffusent peu dans la masse du sol. Nous avons recherché si un accroissement de la concentration des ions phosphoriques en certains points du milieu peut diminuer leur absorption par les racines dans le reste du milieu. Les engrais phosphatés auraient alors la faculté d'entraver l'absorption de l'acide phosphorique préexistant dans le sol, et la différence des quantités de phosphore contenues dans les récoltes en présence et en l'absence d'engrais ne représenterait pas l'action alimentaire réelle de l'engrais, contrairement à ce qu'on a admis jusqu'ici.

Dans des expériences de culture sur solutions en vases à deux compartiments, nous avons comparé deux lots de maïs, dont les uns étaient alimentés pour moitié par une solution riche en acide phosphorique (36^{mg} P^2O^5 par litre) et pour moitié par une solution pauvre ($1^{mg},8$). Les solutions étaient identiques par ailleurs (solutions nutritives complètes). On les renouvelait chaque jour par siphonnage et on les agitait fréquemment par barbotage d'air. Dans la solution pauvre associée à la solution riche, l'absorption de l'acide phosphorique est beaucoup moins forte que dans la solution pauvre associée à la solution pauvre. Autrement dit, lorsqu'une partie des racines se trouve suralimentée, le reste des racines s'alimente moins. Voici la moyenne de 6 résultats obtenus après 24 heures de contact des solutions nutritives, entre 9 et 14 jours après la différenciation des milieux :

P absorbé par le maïs dans la solution pauvre, pour 100 *de* P *fourni.*

Solution pauvre associée à solution pauvre	+65 %
» » riche	+ 0,3

La solution pauvre associée à la solution riche a parfois donné lieu à une absorption négative d'acide phosphorique. L'absorption y demeure très petite lorsqu'on inverse les solutions en cours de culture.

La même expérience a été répétée dans de la terre, en vases et en plein

champ. De petits cylindres en toile métallique, ouverts aux deux extrémités et disposés verticalement à l'intérieur du sol, ont été remplis de terre additionnée de superphosphate. Nous appelons utilisation réelle de l'engrais la quantité d'acide phosphorique prélevée par les racines dans ces cylindres (déterminée par dosage de P total de la terre avant et après culture).

	Expériences sur orge	
	en vases sol brun calcaire.	en plein champ limon neutre.
P^2O^5 appliqué	200 mg/vase	60 kg/ha
P^2O^5 contenu dans la récolte en *présence* d'engrais phosphaté	153 »	55,5 »
P^2O^5 contenu dans la récolte en l'*absence* d'engrais phosphaté	86 »	46 »
Utilisation apparente de l'engrais	67 soit 33 %	9,5 soit 16 %
» réelle de l'engrais	120 60	31,5 52,5
P^2O^5 prélevé sur le sol en présence d'engrais	33	24,0

L'apport d'engrais a abaissé la quantité d'acide phosphorique prélevée sur le stock initial du sol de 86 à 33^mg en vases et de 46 à 24^kg en plein champ.

Conclusion. — Dans un milieu de concentration hétérogène en ions phosphoriques, l'absorption de ces ions par une racine en chaque point du milieu peut ne pas dépendre seulement de leur concentration en ce point, mais aussi de leurs concentrations dans tout le reste du milieu. Après un apport d'engrais phosphatés, les plantes prélèvent beaucoup moins d'acide phosphorique sur le stock préexistant dans le sol, qu'en l'absence d'engrais. On comprend ainsi pourquoi une application d'engrais phosphaté même soluble augmente généralement peu la quantité de phosphore exportée par les récoltes. Ce fait n'est pas dû essentiellement à une rétention de l'acide phosphorique de l'engrais par le pouvoir absorbant des sols étudiés, mais surtout à un mécanisme d'autorégulation purement physiologique.

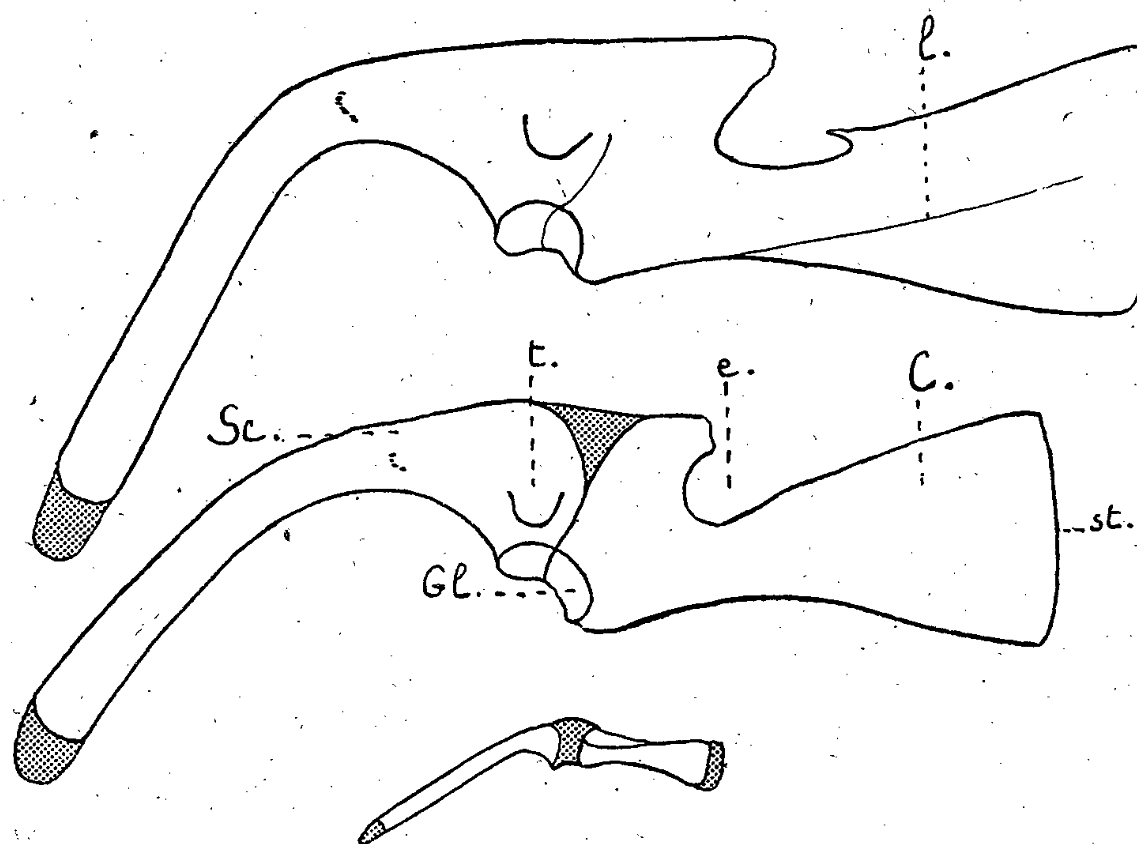
ANATOMIE COMPARÉE. — *Développement et interprétation de la ceinture scapulaire du Nandou* (Rhea). Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

La ceinture scapulaire du Nandou (*Rhea*) adulte se présente sous l'aspect d'une *barre* osseuse ininterrompue, plus large vers l'avant, au niveau de son articulation avec le sternum, mince vers l'arrière, où elle constitue un angle largement obtus vers le bas. Dans la cavité glénoïde, bien marquée, vient se placer la tête humérale.

La *barre* scapulaire de l'embryon, d'abord cartilagineuse, s'ossifie progressivement et, à l'éclosion, W. K. Parker (1868) a montré que ses extrémités et sa partie moyenne (qui comporte la cavité glénoïde), seules, ne sont pas ossifiées.

J'ai étudié la ceinture scapulaire d'un jeune Nandou chez lequel existe,

vers l'avant, un coracoïde tout à fait caractéristique et ossifié, nettement séparé, au niveau de la cavité glénoïde, d'un os postérieurement situé qui ne peut être que le scapulum, dont l'extrémité dorsale est encore cartilagineuse, de même que la partie antérieure, au-dessus de l'articulation



Trois stades du développement de la ceinture scapulaire des *Rheïdæ* (Nandou, *Rhea americana* Lath.), côté droit. — En bas, à l'éclosion, d'après W. K. Parker, G. N. × 3/4. — Au milieu, jeune Nandou, G. N. × 1/2. — En haut, Nandou presque adulte, G. N. × 1/2. — Sc, scapulum; t, tête du scapulum; C, coracoïde; e, échancrure coracoïdienne; st, facette sternale; Gl, cavité glénoïde; *l*, ligne intermusculaire. — Les parties cartilagineuses sont en grisé, les parties osseuses, en blanc.

scapulo-humérale. Chez un Nandou plus âgé, déjà presque adulte, la ligne de séparation du coracoïde et du scapulum, encore visible, montre que ce dernier os s'est surtout développé dans sa région antérieure, longtemps demeurée cartilagineuse, et, de ce mode de croissance, résulte un angle scapulaire plus accentué qu'au stade précédent.

La ceinture endosquelettique du Nandou comporte, en somme, les deux os typiques des Tétrapodes : coracoïde et scapulum. Il n'existe pas, chez cet Oiseau, de clavicule, élément de l'exosquelette présent chez certains Ratites et constant chez les Carinates. Par la forme et la position de ses éléments constituants, cette ceinture rappelle beaucoup celle des Reptiles archaïques, Pseudosuchiens et Chéloniens. Comme chez les plus primitifs d'entre eux [*Euparkeria* du Trias d'Afrique du Sud, *Triassochelys* du Trias d'Allemagne], chez le jeune Nandou les deux éléments demeurent séparés; mais, à l'âge adulte, ils sont unis, comme chez l'*Ornithosuchus* du Trias d'Afrique du Sud et les Tortues actuelles. A ce point de vue, les Chéloniens récents présentent d'ailleurs une évolution ontogénique [1] comparable à celle du Nandou.

De cette étude il résulte que la morphologie de la ceinture scapulaire des *Rheidæ* paraît dériver directement de celle des Reptiles, et ne peut être

[1] M. Friant, *Bulletin du Museum*, 2e série, 14, v, 1942, p. 303.

interprétée comme le résultat d'une modification régressive de la ceinture des Carinates, beaucoup plus spécialisée, dont les deux éléments endosquelettiques, disposés à angle aigu, sont toujours séparés chez l'adulte.

Avec des variantes, les caractères anatomiques des éléments scapulaires du Nandou se retrouvent chez les autres Ratites actuels et permettent de penser que ces Oiseaux singuliers sont bien les survivants d'un groupe aviaire archaïque.

ENTOMOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Premiers essais de purification de la substance qui attire le Doryphore vers les feuilles de Pomme de terre.* Note de M. **R. Chauvin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Pour extraire des feuilles de Pomme de terre la substance qui attire les Doryphores, il faut épuiser la poudre de feuilles (desséchées pendant cinq heures à 95°) par l'alcool à 50°. Au bout de deux heures d'ébullition à reflux avec 10^{cm^3} d'alcool par gramme de feuilles, toute la substance attractive est passée dans le solvant. Après essorage au Buchner, on laisse refroidir la liqueur, on centrifuge et l'on réduit le volume par évaporation dans le vide à 30°, jusqu'à ce que 2^{cm^3} de liquide correspondent à 1^g de feuilles. On ajoute alors 10 volumes d'alcool absolu et l'on élimine l'abondant précipité brun et inactif. On concentre à nouveau dans le vide, jusqu'à ce que 1^{cm^3} de liqueur corresponde à 1^g de poudre; on ajoute 5 fois le volume d'éther et 4 fois le volume d'alcool absolu. Le précipité brun, adhérant aux parois du vase, est recueilli et dissous dans autant de centimètres cubes d'eau distillée qu'il y a de grammes de feuilles; on l'agite alors une heure avec $0^g,5$ de franconite par 5^{cm^3} de liqueur; on centrifuge et répète la même opération avec la même quantité de franconite fraîche; après une nouvelle centrifugation, la franconite est lavée avec quelques centimètres cubes d'eau distillée, et les eaux de lavage réunies au restant de la liqueur. On constate que la couleur de celle-ci, observée sous une faible épaisseur, n'est plus brun rouge comme au début, mais verdâtre. Elle est alors évaporée à sec dans le vide. On fait bouillir le résidu une heure, à reflux, avec autant de centimètres cubes d'alcool à 85° qu'il y a de grammes de feuilles; on recommence l'opération une autre fois avec de l'alcool neuf; le résidu, insoluble et inactif, est rejeté. On évapore à sec et dans le vide la liqueur alcoolique et fait bouillir le résidu une demi-heure, à reflux, avec un nombre de centimètres cubes d'alcool à 90° égal à la moitié du nombre de grammes de feuilles; on répète l'opération 2 fois encore avec de l'alcool neuf, et l'on rejette le résidu insoluble et inactif. Les liqueurs alcooliques sont réunies et évaporées à sec dans le vide, et l'on fait bouillir le résidu comme plus haut, avec de l'alcool à 95°, 3 fois renouvelé. Après élimination du résidu insoluble et évaporation à sec de la liqueur, on recommence encore l'opération avec de l'alcool absolu 4 fois renouvelé. Le résidu insoluble est rejeté et la liqueur évaporée à sec. On

reprend le résidu par un nombre de centimètres cubes d'alcool absolu *froid*, égal à la moitié du nombre de grammes de feuilles et l'on sépare le résidu insoluble; on répète 2 fois encore la dissolution par l'alcool froid, après évaporation de la liqueur et l'on se débarrasse ainsi d'une certaine quantité d'impuretés jaunâtres. La solution alcoolique finale est additionnée de 2 fois son volume d'acétate d'éthyle et le précipité blanc, floconneux et abondant est recueilli et conservé dans le vide phosphorique.

Propriétés. — La substance attractive, ainsi purifiée, se présente sous forme d'une poudre grisâtre extrêmement hygroscopique, très soluble dans l'eau, les alcools faibles, l'acétone hydratée, pas très soluble dans l'alcool absolu. La solution dans l'alcool absolu à chaud, portée à la glacière, laisse déposer, au bout de quelques jours, de très petits granules cristallins, fondant en se décomposant vers 155° (au bloc Maquenne). Les solutions varient du jaune vert au brun suivant la concentration; elles verdissent par le perchlorure de fer et par une trace de sulfhydrate d'ammoniaque; elles jaunissent très fortement et précipitent en jaune par l'ammoniaque et l'eau de baryte. Elles réduisent la liqueur de Fehling, et la réduisent 3 fois plus après hydrolyse de trois heures par l'acide sulfurique à 3 %. Il est donc permis de supposer, en première approximation, *qu'il s'agit d'un hétéroside*, peut-être voisin des flavones.

A tous les échelons de la purification, l'activité des produits était vérifiée sur des larves de doryphore du quatrième âge, à l'aide d'une technique de tests, mise au point par M. Raucourt et B. Trouvelot (¹), mais que j'ai perfectionnée et précisée. Les méthodes et les résultats détaillés seront publiés dans un prochain Mémoire.

HYDROBIOLOGIE. — *Membrane biologique d'été d'un filtre à sable submergé.* Note de M. **Jacques Wautier**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des prélèvements de membrane biologique ont été effectués dans les filtres à sable submergé d'Ivry-sur-Seine, aux différents mois de l'année 1944.

J'ai déjà décrit une membrane de printemps (¹). Je donnerai ici les résultats de l'examen d'une membrane d'été. Les échantillons ont été recueillis le 13 septembre 1944 dans le filtre n° 9, nettoyé le 19 août et fonctionnant depuis 26 jours. J'ai retrouvé dans cette membrane les deux zones signalées dans la membrane de printemps, zone superficielle lâche et encombrante, zone profonde serrée et peu épaisse.

1° La zone superficielle était constituée, à cette date, par un tapis d'*Hydrodictyon* de 20 à 30^{cm} d'épaisseur. Diverses espèces unicellulaires étaient fixées sur cette algue.

(¹) *Ann. Épiphyt.*, **11**, 1936, pp. 52-98.

(¹) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 371, 478 et 571.

L'examen de cette zone a donné les résultats suivants :

		%
Chlorococcales,	*Hydrodictyon reticulatum* (L.) Lag.	91
	Pediastrum boryanum (Turp.) Bréb.	3,1
Desmidiales,	*Closterium moniliferum* (Bory) Ehr.	1,1
	Cosmarium botrytis (Bory) Menegh.	1
	Cosmarium læve Raben	0,8
Bacillariales,	*Melosira varians* Ag.	1,5
	Diatoma vulgare Bory	0,6
	Synedra ulna Ehr.	0,4
	Cocconeis placentula Ehr.	0,2
	Nitzschia linearis W. Sm.	0,2
	Synedra capitata Ehr.	0,1

La population animale se composait, pour 110 *Melosira varians*, de :

Ciliés,	*Carchesium* Ehr. species	13
	Euplotes charon Ehr.	3
	Lionotus fasciola Ehr.	1
	Stylonychia mytilus Ehr.	1
Rotifères,	*Dinocharis pocillum* O. F. Müller	1
Phyllopodes,	*Chirocephalus diaphanus* Prév.	1
Copépodes,	*Cyclops fuscus* Jurine	3
	» *strenuus* Fish.	2
Ostracodes,	*Cypris* O. F. Müller species	1

2° La zone profonde, de 5^{mm} d'épaisseur en moyenne, était, comme au printemps, constituée par un dépôt organominéral très richement peuplé. Voici la liste des espèces trouvées :

		%
Chlorococcales,	*Chlorella* B. species	44,2
	Scenedesmus costulatus Chod	10,9
	» *bijugatus* var. *flexuosus* Lem.	7,2
	» *quadricauda* var. *abundans* Kirch.	3,5
	» *bijugatus* var. *seriatus* Chod.	3
	» *carinatus* Chod.	2,9
	» *spinosus* Chod.	2,4
	Pediastrum boryanum var. *longicorne* Rein.	2
	» *tetras* Ehr.	1,9
	Scenedesmus quadricauda var. *horridus* Kirch.	1,5
	Cœlastrum cambrinum Arch.	0,8
	Scenedesmus brasiliensis Bohlin	0,7
	Tetraedron caudatum Hansg.	0,5
	Pediastrum clathratum Schr.	0,5
Volvocales,	*Gonium pectorale* Müll.	16,6
Desmidiales,	*Cosmarium botrytis* Meneg.	1
	» *reniforme* (Ralfs) Arch.	0,7
Bacillariales,	*Navicula radiosa* Kütz	4
	Synedra acus Kütz.	2,3
	Melosira varians Ag.	2,2
	Fragilaria capucina Grun.	1,9
	Nitzschia linearis W. Sm.	1,5
	Synedra ulna Ehr.	0,7
	Navicula sphærophora Kütz.	0,7
	Amphora ovalis Kütz.	0,3
Chroococcales,	*Merismopedia glauca* (Ehr) Naeg.	1,7
Hormogonéales,	*Oscillatoria ornata* Kütz.	0,5

Les organismes animaux trouvés dans la zone profonde étaient les suivants, dans la proportion, pour 180 *Melosira varians* de :

Rhizopodes,	*Amœba guttula* Duj.	2
Flagellés,	*Bodo* Ehr. species	7
	Scytomonas Stein species	1
	Tetramitus rostratus Perty	3
	Trepomonas rotans Klebs	2
Ciliés,	*Coleps hirtus* Nitz	2
	Colpidium colpoda Stein	1
	Euplotes patella Ehr	2
	» *charon* Ehr	1
	Metopus sigmoïdes Clap et L.	1
	Pleuromma crassum Duj.	1
Oligochètes,	*Ælosoma Hemprichi* Ehr.	1
Nématodes,	*Dorylaimus stagnalis* Duj	3
	Tylenchus filiformis Bütschli	2

Cette membrane d'été présente donc une structure identique à celle de la membrane de printemps. Mais la composition est modifiée, en rapport avec la saison. Le nombre des espèces a fortement augmenté. Les Chlorophycées sont devenues dominantes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'action de l'aminothiazol sur la thyroïde du Triton normal et hypophysectomisé.* Note de M. **Herbert Tuchmann-Duplessis**, présentée par M. Maurice Caullery.

On connaît [1] une série de corps (thiourée, sulfoguanidine, sulfonamides, aminothiazol etc.), dont l'ingestion provoque à brève échéance, chez le Rat, une hypertrophie considérable de la thyroïde. Ces substances, tout en appartenant au point de vue chimique à deux groupes différents, présentent, au point de vue physiologique, un certain nombre de caractères communs : contrairement aux autres substances goitrigènes, elles agissent même en présence de fortes doses d'iode; elles peuvent être neutralisées par l'administration simultanée de thyroxine (Dempsey et Astwood); enfin elles exigent l'intégrité de l'antéhypophyse.

La participation hypophysaire dans le mécanisme d'action des substances goitrigènes a été établie par les auteurs anglo-saxons.

Deux faits l'attestent : les modifications structurales du lobe antérieur de l'hypophyse des Rats soumis à l'ingestion de thiourée (Griesbach, Kennedy, Mackenzie) et l'absence de réactions thyroïdiennes chez le Rat hypophysectomisé (Mackenzie).

Nous avons essayé d'étendre ces constatations au groupe des Batraciens, au moyen d'un nouveau corps de synthèse, l'aminothiazol (2921 R. P.), corps qui a fait l'objet d'un important Mémoire de Perrault, Bovet et Droguet.

---

(1) T. H. Kennedy, *Nature*, 150, 1942, p. 233; C. P. Richter et K. R. Clisby, *Arch. Path.*, 33, 1942, p. 46; C. G. et J. B. Mackenzie, *Endocrinology*, 32, 1943, p. 185; E. B. Astwood, *Pharm. Exper. Therap.*, 78, 1943, p. 79; E. W. Dempsey et E. B. Astwood, *Endocrinology*, 32, 1943, p. 509; A. S. Gordon, E. D. Goldsmith et H. H. Charriper, *Endocrinology*, 36, 1945, p. 53; Guy Laroche, *Ann. Endocr.*, 5, 1944, p. 192; M. Perrault, D. Bovet et P. Droguet, *Soc. Med. Hop., Paris*, 25, 1944, p. 355.

Technique. — Dix Tritons palmés (*Molge palmatus* Schn.) normaux et autant de sujets hypophysectomisés ont été soumis, au mois de juillet, à des injections quotidiennes de 1/20 de milligramme d'aminothiazol. Les sujets sont sacrifiés après six, huit et dix jours. Les thyroïdes, prélevées sur l'animal anesthésié à l'éther, ont été fixées au liquide de Bouin et colorées selon la technique de Mallory.

Nous avons décrit ailleurs [2] les modifications saisonnières de la thyroïde du Triton; nous ne rappellerons ici que l'aspect qu'elle revêt en juillet-août, période correspondant au début du repos fonctionnel.

Moyennement vascularisée, la thyroïde comporte une dizaine de grandes vésicules pourvues d'une colloïde épaisse, très chromophile. Les vacuoles chromophiles sont rares, l'épithélium glandulaire est, selon les vésicules, cubique ou franchement aplati.

Les modifications les plus frappantes des thyroïdes des animaux traités par l'aminothiazol consistent dans l'augmentation de la hauteur de l'épithélium, la diminution de la taille des vésicules et la substitution partielle à la colloïde chromophile d'une large couronne de vacuoles chromophobes. Dans la majorité des vésicules la colloïde chromophile ne subsiste plus que sous forme d'une tache triangulaire à bords dentelés. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on assiste à une fonte totale de la colloïde et à la formation de boyaux épithéliaux pleins. L'épithélium glandulaire est composé de grandes cellules cylindriques, à limites bien visibles, pourvues d'un gros noyau hyperchromatique. Les mitoses sont rares.

Somme toute, l'aspect de la thyroïde des Tritons injectés d'aminothiazol rappelle, à l'intensité près, celui des animaux sacrifiés au printemps, lors de la reprise fonctionnelle de la thyroïde. Chez le Triton hypophysectomisé, par contre, la thyroïde conserve, malgré l'apport de l'aminothiazol, un aspect sensiblement identique à celui des témoins. Les vésicules sont distendues par une abondante colloïde chromophile, bordée de rares vacuoles chromophobes. L'épithélium glandulaire reste bas et l'on ne constate pas de mitoses.

Nos observations montrent que la thyroïde du Triton réagit à l'introduction de l'aminothiazol dans le même sens que celle du Rat. Cependant, aux doses employées, cette réaction est moins intense et ne comporte qu'une résorption partielle de la colloïde et des phénomènes prolifératifs discrets.

Cette image paradoxale d'hyperfonctionnement de la thyroïde n'est pas sans rappeler ce que nous avons observé au niveau de l'hypophyse des Cobayes injectés de fortes doses d'hormone gonadotrope. Ces hypophyses présentent, malgré leur hypertrophie et l'augmentation numérique des cellules basophiles, une diminution de leur pouvoir gonadotrope.

---

(2) *Bull. Hist. Appl.*, 2, 1945, p. 17.

Dans les deux cas, on se trouve en présence d'une hypertrophie compensatrice, consécutive à une stimulation extérieure, qui conduit à l'épuisement de l'organe.

La différence de comportement de la thyroïde des animaux normaux et hypophysectomisés confirme des données bien établies pour d'autres substances goitrigènes. Les modifications thyroïdiennes du Triton normal se conçoivent si l'on admet que l'apport de l'aminothiazol diminue la synthèse de l'hormone thyroïdienne et engendre, par là même, une libération accrue de l'hormone thyréotrope de l'hypophyse, qui, à son tour, exerce son effet stimulant sur la thyroïde.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les modalités des interactions bactériennes : effets antagonistes et inductions de transformations dans les propriétés des germes.* Note de MM. **André Boivin**, **Albert Delaunay**, **Roger Vendrely** et Mme **Yvonne Lehoult**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons montré [1] que les Colibacilles peuvent exister sous de très nombreux types distincts. Les types simultanément présents dans la flore fécale diffèrent beaucoup de sujet à sujet et, chez un même sujet, d'une semaine à l'autre, et même d'un jour à l'autre. Nous nous sommes préoccupés des interactions possibles entre des colibacilles différents appelés à vivre dans le même milieu nutritif et avons effectué de multiples expériences dans cette direction, depuis trois ans. Nous voudrions en résumer ici les principaux enseignements.

Nous avons fait appel à diverses techniques : ensemencement simultané ou successif de deux types Colibacillaires dans le même milieu liquide; ensemencement simultané ou successif de deux Colibacilles dans deux parties distinctes d'un même milieu séparées par une cloison poreuse (bougie filtrante) ou par une membrane de collodion; ensemencement d'un Colibacille dans le filtrat d'une culture d'un autre Colibacille. Le milieu couramment utilisé a été le bouillon de viande peptoné ordinaire.

Pour plus de commodité, désignons par A et B les deux types colibacillaires considérés. En règle générale, la culture, antérieure ou simultanée de A dans un milieu, n'empêche pas la multiplication active de B. Parfois cependant, le développement de A inhibe totalement ou du moins gêne considérablement le développement de B. D'autres fois B pousse bien, mais en subissant des transformations dans ses propriétés biochimiques ou antigéniques.

L'inhibition peut être due à deux causes bien distinctes : ou bien A porte en mode inapparent un phage très actif sur B [2], ou bien A élabore

---

[1] A. Boivin, L. Corre et Y. Lehoult, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, pp. 98, 257 et 432; **137**, 1943, pp. 42, 138, 410 et 714; *Bull. Acad. Méd.*, **127**, 1943, pp. 95, 125 et 162; *Rev. Immunol.*, **7**, 1942, p. 97.

[2] Nous avons rencontré cette situation à plusieurs reprises. Le phage est caractérisé

des substances antibiotiques exerçant une action bactériostatique sur B ([3]). Nous ignorons tout de la nature chimique de ces substances antibiotiques libérées par les Colibacilles; au surplus, elles ne paraissent pas douées d'une haute activité. Au cours de leurs expériences de *parabiose* avec membrane de collodion, Lisbonne, Nègre, Roman et Seigneurin ([4]) ont déjà rencontré de pareilles actions antagonistes d'un germe sur le développement d'un autre (ils étudiaient des *Brucella*).

Dans le cas d'une transformation de B, il peut s'agir de modifications biochimiques, B s'alignant en quelque sorte sur A quant à son comportement vis-à-vis de tel ou tel substrat. Ce phénomène a déjà été rencontré, lui aussi, par Lisbonne et ses collaborateurs. Mais souvent aussi il s'agit de modifications antigéniques : usuellement B perd son antigène somatique et se dégrade en forme rugueuse; quelquefois, pourtant, il change de type et acquiert la spécificité de A. Dans une Note précédente ([5]), nous avons rapporté un cas de transformation simultanée des propriétés biochimiques et de la spécificité antigénique chez un Colibacille, et nous avons précisé la nature chimique du principe inducteur libéré par l'autre colibacille : c'est un acide thymonucléique hautement polymérisé. Mais des expériences encore en cours, et dont nous rendrons compte ultérieurement, semblent indiquer que l'induction, chez B, d'une activité biochimique nouvelle, calquée sur celle de A, et cela sans modification corrélative de la spécificité antigénique, peut résulter parfois, tout simplement, d'un contact prolongé avec les produits de fermentation du substrat en cause, sans intervention d'une macromolécule nucléique quelconque.

L'antagonisme microbien, dont à juste titre il a été tant parlé depuis la découverte de la pénicilline, n'est donc que l'un des aspects possibles des interactions entre deux Bactéries apparentées, interactions qui, au total, doivent jouer un grand rôle dans la nature, en commandant, pour une part, l'établissement des flores microbiennes saprophytes et pathogènes, dans le sol, dans les eaux etc., sur les muqueuses, dans l'intestin, dans les plaies etc.

A 16h10m l'Académie se forme en Comité secret.

---

par le phénomène de la lyse *transmissible* qu'il peut provoquer sur milieu liquide, et par l'apparition, sur gélose, des plages vierges auxquelles il donne naissance. On sait que la majorité des souches qu'on isole des matières fécales sont ainsi porteuses de phages en mode inapparent (souches *lysogènes*).

([3]) Cette action bactériostatique n'est pas transmissible en série, ce qui exclut l'intervention d'un phage. Depuis la découverte de la pénicilline, de très nombreux travaux sont venus démontrer la production, par maintes Bactéries, de substances antibiotiques actives sur d'autres Bactéries.

([4]) *Ann. Institut Pasteur*, **61**, 1938, p. 822.

([5]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 646.

Sur la proposition d'une Commission composée de MM. **Maurice de Broglie**, **Louis de Broglie**, **Paul Langevin** et **Frédéric Joliot**, l'Académie, suivant la suggestion de l'Académie Royale Hollandaise des Sciences, adopte le vœu suivant, qui sera transmis à M. le Président du Gouvernement provisoire de la République :

L'Académie des Sciences de l'Institut de France considère :

1° que, comme résultat de la recherche scientifique, l'énergie intraatomique a été mise à la disposition de la collectivité humaine en tant que nouvelle source d'énergie;

2° que, en conséquence, de très larges possibilités s'offrent d'elles-mêmes pour une meilleure économie du monde;

3° que, cependant, ces possibilités ont été développées tout d'abord sous la forme de la bombe atomique, douée d'un horrible pouvoir de destruction;

4° que le monde de la Science, qui a créé ces possibilités, est pleinement conscient de ses responsabilités à ce sujet;

5° qu'il est inadmissible, au point de vue du développement de la Science et des conséquences qui en résultent pour le bien-être social et pour la santé publique, que les résultats de la recherche scientifique puissent être tenus secrets.

En conséquence, l'Académie fait appel au sens de leur responsabilité des gouvernements et des institutions scientifiques pour qu'ils orientent leur action vers les applications bienfaisantes de la recherche scientifique pour la civilisation, à l'exclusion de celles qui peuvent la menacer.

L'Académie exprime en outre le désir que le monde de la Science soit mis à même de participer de manière effective et permanente aux discussions sur ces problèmes.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 7 mai 1945.)

Note de M. *Marcel Brelot*, Sur l'allure des fonctions harmoniques à la frontière :

Page 676, note (2), *au lieu de* 65, 1941, p. 72, *lire* 68, 1944, p. 12.

Page 678, théorème 2, *lire* le début comme suit : Reprenons Ω de complémentaire non polaire, en particulier borné, et sur $\overset{*}{\Omega}$ une fonction borélienne, bornée hors tout voisinage de Q....

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 12 DÉCEMBRE 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, par suite des difficultés de chauffage, la séance du lundi 24 décembre sera supprimée. D'autre part, à l'occasion du Nouvel An, la séance du lundi 31 décembre sera renvoyée au mercredi 2 janvier.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Les deuils s'accumulent sur notre Compagnie dans les dernières semaines de cette année, qui, jusque-là, nous avait été relativement clémente. J'ai aujourd'hui le triste devoir de vous annoncer la mort, survenue hier matin 11 décembre, à Paris, de notre Confrère **Charles Fabry**, Membre de la Section de Physique générale depuis le 20 juin 1927.

Marie-Paul-Auguste-*Charles* Fabry était né à Marseille le 11 juin 1867. Il appartenait à une famille orientée vers la Science. Son grand-père avait été Polytechnicien de la promotion de 1815 et ainsi avait été, à l'École, l'élève d'Ampère. Deux de ses frères aînés avaient fait partie des promotions de 1874 et 1880 et ont été tous deux Correspondants de l'Académie, l'un, *Eugène*, pour la Section de Géométrie, l'autre, *Louis*, pour celle d'Astronomie. Charles Fabry, lors de son Jubilé, en 1937, rappelait spirituellement qu'il avait été lui-même, au lycée, un fort médiocre élève, mais que ses frères aînés lui donnaient, précocement et de façon concrète, le goût des sciences, en particulier de l'Astronomie; tous trois sacrifiaient parfois leurs nuits à l'observation d'éclipses des satellites de Jupiter. A onze ans il savait se servir d'une table de logarithmes.

Charles Fabry était brillamment reçu à l'École Polytechnique en 1885, à l'âge de 18 ans. Dès sa sortie il s'orientait délibérément vers la carrière scientifique. Il était agrégé de Physique en 1889, docteur ès sciences physiques

en 1892 (avec une thèse sur la *Théorie de la visibilité et de l'orientation des franges d'interférence*). De 1890 à 1894, il a été professeur de physique dans divers Lycées et finalement à Paris, au Lycée Saint-Louis. Il regagnait Marseille en 1894, comme maître de conférences de Physique à la Faculté des Sciences; il y devenait professeur titulaire en 1904 et, en 1921, professeur de Physique à la Sorbonne, où la retraite l'atteignait en 1937. Il a été, d'autre part, examinateur à l'École Polytechnique à partir de 1914, puis y a occupé une chaire de Physique à partir de 1927.

Je n'ai cité ainsi que les étapes les plus saillantes de ce brillant *curriculum vitæ*. D'autre part, il a été membre du Comité International des Poids et Mesures et du Bureau des Longitudes. Il a été, dès la fondation, en 1920, l'organisateur et l'animateur de l'Institut d'Optique, et l'on sait l'importance de cet établissement pour le développement et le progrès de l'industrie optique en France. Il faudrait encore ajouter à tout cela le rôle actif qu'il a joué dans de très nombreuses Sociétés savantes ressortissant à la Physique sous ses aspects les plus variés et à l'Astronomie.

Cette énumération rapide et incomplète montre déjà ce qu'a été l'activité bienfaisante de Charles Fabry sur le terrain de l'enseignement. Faut-il ajouter qu'il était un professeur particulièrement brillant et lucide, qu'il a connu les succès les plus constants et les plus marqués, auprès de tous les auditoires et à tous les niveaux, depuis les plus élevés et les plus techniques, jusqu'à celui du grand public. On se pressait, à Marseille, au cours public qu'il faisait le soir, au grand amphithéâtre de la Faculté, sur l'Électrotechnique, et l'amphithéâtre ne suffisait pas à contenir les auditeurs qui se présentaient. Nous avons nous-mêmes goûté ici bien des fois la lucidité, la précision et en même temps l'humour de ses exposés.

Mais ce n'était là qu'un des aspects de la personnalité de Fabry. Il en est un autre, qui en est d'ailleurs inséparable et qui n'est pas moins éclatant, c'est celui du chercheur, et ici je cite ses propres paroles, lors de son Jubilé en 1937 : « Toute mon existence, dit-il, a été consacrée à la Science et à l'Enseignement et ces deux grandes passions m'ont procuré les vives joies; d'ailleurs, je ne conçois pas que l'on puisse séparer les deux choses. Je ne conçois pas le professeur réduit au rôle de phonographe, exposant une science qu'il n'aurait pas contribué plus ou moins à faire progresser, qu'il n'aurait pas tout au moins repensée avant de l'exposer aux autres, et je ne conçois pas le savant qui n'aurait pas le désir de transmettre à d'autres ce qu'il aurait péniblement acquis. »

J'ai quelque appréhension, faute d'une compétence suffisante, à analyser ici brièvement l'œuvre scientifique personnelle de Fabry, et je crains de ne pas en souligner suffisamment ni de façon appropriée, toute la valeur. J'en marquerai tout d'abord un caractère qui me frappe. C'était avant tout un expérimentateur pénétrant, soucieux d'analyser à fond des phénomènes concrets, apportant à

cette tâche de remarquables dons de précision, de rigueur et d'ingénosité, aboutissant à des conclusions nettes et décisives, mais ne se souciant guère des théories abstraites.

Il a fait ses premières armes dans la recherche à Marseille, à la Faculté des Sciences, dans le laboratoire et sous la direction de Macé de Lepinay, lui-même travailleur acharné et minutieux dans le domaine de la Métrologie. Il y a eu pour collègues et collaborateurs Pérot, puis H. Buisson. C'est là d'ailleurs que personnellement j'ai fait la connaissance de Fabry.

Le centre des recherches de Fabry est l'optique et plus particulièrement l'étude des interférences et la spectroscopie. C'est un domaine qu'il a littéralement transformé, en y introduisant une précision supérieure, là même où il semblait que la limite de la précision avait été atteinte, notamment par Rowland. Il a pu, par l'emploi des lames argentées, séparer effectivement et voir séparément des radiations extrêmement voisines, qu'aucun des spectroscopes existants ne permettait jusque-là de séparer. Il a pu ainsi étudier la structure fine des raies spectrales, et surtout celle des raies satellites qui s'y rattachent. Il a révisé et précisé la mesure des raies principales du spectre et établi un ensemble de repères qui constitue aujourd'hui le système fondamental des longueurs d'onde universellement adopté. Il a aussi construit des instruments nouveaux actuellement classiques, notamment un interféromètre.

En possession de cette méthode d'analyse et de mesure des radiations lumineuses, il en a fait une série d'applications à de nombreux et importants problèmes de physique et d'astrophysique. Il a pu, à leur aide, asseoir, sur de nouvelles et solides bases, la théorie cinétique des gaz, mesurer la vitesse d'agitation des molécules (notamment en plongeant un tube lumineux dans l'air liquide), vérifier et mesurer l'effet Doppler-Fizeau, évaluer, par la largeur des raies spectrales, la température des gaz lumineux et, à l'aide de ces données, réaliser des progrès importants dans l'étude des nébuleuses gazeuses en ce qui concerne leur constitution (élément *nebulium*) ou leur température (10 000° pour Orion), ou leurs mouvements internes. Il a obtenu également des résultats remarquables dans l'étude du spectre solaire.

Il a appliqué les données acquises par les interférences à la métrologie. Suivant la trace de Michelson, il a pu, avec une remarquable précision, fixer la valeur du mètre en longueurs d'onde définies. On a appliqué les mêmes méthodes à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau.

Il a renouvelé toute la technique de la photométrie, développé les méthodes de photométrie photographique, et appliqué ces méthodes à l'étude de la lumière nocturne du ciel, étudié photométriquement la région ultraviolette du spectre. L'étude de l'extrémité ultraviolette du spectre solaire absorbée par l'atmosphère l'a conduit à reconnaître, dans les hautes régions de celui-ci, l'existence de petites quantités d'ozone, et c'est là ce qui permet l'existence de la vie sur la Terre, car ainsi est absorbée la plus grande partie de l'ultraviolet

de la lumière solaire qui serait mortelle pour les organismes si elle atteignait le sol.

Je n'ai pas épuisé le champ des travaux de Fabry. J'espère en avoir fait entrevoir l'esprit, l'importance et l'enchaînement. J'ajoute qu'il a formé de nombreux élèves à la recherche.

J'ai déjà dit quelle était la lucidité de ses exposés. Cette qualité se retrouve dans ses ouvrages de vulgarisation, qui ont connu un grand succès. Je citerai son *Histoire de la Physique* dans l'*Histoire de la Nation française* de Gabriel Hanotaux, son livre *Physique et Astrophysique* (1), ses nombreux articles dans la *Revue des deux Mondes* etc.

Les travaux de Fabry avaient obtenu à l'étranger des consécrations nombreuses et brillantes. Il avait reçu, en 1918, la médaille Rumford de la *Royal Society*, la médaille Draper de la *National Academy* en 1919, la médaille Franklin du *Franklin Institute* en 1921. Il avait été élu membre de la *Royal Institution* en 1920, du *Franklin Institute* en 1921, membre étranger de la *Royal Society* en 1931, de la *Royal Astronomical Society* etc.

Je n'ai pas besoin de souligner le charme de l'homme, qui se révélait particulièrement chaque fois qu'il prenait la parole, dans nos séances publiques ou nos comités secrets. On avait toujours plaisir à l'écouter, à goûter sa lucidité et parfois son ironie. Jusqu'il y a peu de temps encore, il avait gardé toute sa verdeur. Depuis un peu plus d'un an, nous avions vu ses traits s'altérer, son allure changer et ces symptômes allaient en s'aggravant. Il y a peu de semaines, il était encore venu prendre part à une de nos séances. Devenu veuf et isolé, il a eu la consolation d'être entouré de soins familiaux dévoués jusqu'à sa fin. Nous garderons tous de Charles Fabry un souvenir brillant et sympathique, et nous exprimons à ses proches l'assurance de nos condoléances les plus sincères.

La séance est levée en signe de deuil.

Notice nécrologique sur William Henry Bragg, par M. **Charles Mauguin**.

William Henry Bragg est né le 2 juillet 1862 à Westward, près de Wigton dans le Cumberland. Après de bonnes études dans une école de village et à « King William's College » dans l'île de Man, il entre en 1881 comme boursier au « Trinity College » à Cambridge. Il se consacre surtout à l'étude des mathématiques où il remporte d'appréciables succès. En 1885, grâce à l'appui de J. J. Thomson, il est désigné pour le poste de professeur de mathématiques et de physique à Adélaïde (Australie).

C'était une très belle situation pour un jeune homme de 23 ans. Il l'accepta

(1) Flammarion

avec une joie très vive. Son arrivée en Australie, dit-il, fut comme « le rayon de soleil et l'air pur vivifiant » qui permit à sa personnalité, jusque-là un peu sauvage et renfermée, de s'épanouir pleinement. Il se fit tout de suite beaucoup d'amis dans un milieu ouvert et droit qui plaisait à son caractère simple et modeste. Il épousa en 1888 la fille de Charles Todd, *Postmaster general and Government Astronomer of South Australia*.

De cet heureux mariage naquirent trois enfants : William Lawrence (aujourd'hui Sir Lawrence Bragg); Robert, qui devait périr aux Dardanelles dans la guerre de 1914-1918; Gwendolen, actuellement Mrs Alban Caroe.

Le jeune professeur inexpérimenté doit d'abord apprendre la physique, qu'il ne connaît guère. Par une application soutenue, il parvient peu à peu à la perfection dans l'art de l'exposition qu'ont pu apprécier tous ceux qui ont eu, par la suite, la joie de l'entendre.

Il s'intéresse aux progrès de la physique. Après la découverte de Röntgen en 1895, il installe le premier tube à rayons X qui fonctionna en Australie. Mais il n'essaye pas encore de faire des recherches originales. Peut-être même envisageait-il de rester toute sa vie professeur à Adélaïde, aimé de ses élèves et satisfait de sa renommée locale.

C'est seulement, à l'âge de 42 ans qu'il fit sa première communication originale. L'Association australienne pour l'avancement des sciences devait se réunir à Dunedin (Nouvelle-Zélande) en janvier 1904. Chargé de l'adresse présidentielle dans la Section Astronomie, Mathématiques et Physique, Bragg exposa les progrès récents dans le domaine de la radioactivité. La pénétration de la matière par les électrons ou les particules α l'intéresse particulièrement. Il montre que l'absorption exponentielle, valable pour un faisceau d'électrons (selon Lenard), ne doit pas s'appliquer aux particules α, beaucoup plus lourdes. Il énonce les règles suivantes :

1° Le nombre des particules α pénétrant à une distance donnée ne doit pas beaucoup varier avec la distance jusqu'à ce qu'une valeur critique soit dépassée, après quoi, il y a une chute rapide;

2° L'énergie des particules pénétrant à une distance donnée décroît graduellement quand la distance s'accroît et s'annule pour la même valeur critique.

Quelques mois après, disposant d'un peu de bromure de radium, il entreprend avec Kleeman ses recherches classiques sur la détermination de la vitesse initiale des particules α par la longueur de leur parcours dans un milieu déterminé. Avec le radium en équilibre avec ses produits, il obtient quatre parcours correspondant à des particules α de vitesses différentes, émises respectivement par le radium, le radon, le radium A et le radium C, en accord avec la théorie de Rutherford, qui se trouve ainsi confirmée.

Il montre avec Kleeman que le pouvoir d'arrêt des diverses substances est approximativement proportionnel à la racine carrée de leur poids atomique.

Étudiant l'ionisation des atomes par les rayons α, β, γ, il établit que la

vitesse des rayons β secondaires ne dépend nullement de l'intensité des rayons γ, mais seulement de leur qualité. Sadler ayant montré que ce résultat s'applique aussi aux rayons β produits par l'action des rayons X sur la matière, Bragg en conclut que les rayons γ, comme les rayons X, doivent avoir une structure corpusculaire.

Ces recherches, poursuivies de 1904 à 1908 à Adélaïde, le classent comme un chercheur original de premier rang. Il est élu *Fellow* de la *Royal Society* en 1907. En 1908, on lui offre la chaire de professeur de physique (*Cavendish professorship*) à Leeds, ce qui va le ramener dans la vieille Angleterre.

Il prit place avec sa famille sur le bateau Waratah. La marche du bateau mal équilibré causa une grande anxiété aux passagers, et Bragg fut souvent consulté par le commandant pendant la traversée. Le même navire devait disparaître sans laisser aucune trace à son voyage suivant, entre Durban et Cape Town.

Bragg a gardé le meilleur souvenir des 22 années qu'il avait passées en Australie, dans un milieu qui lui était éminemment sympathique, et dont il parlait toujours avec émotion.

Il poursuit à Leeds ses recherches sur la nature corpusculaire des rayons X et des rayons γ, proposant, pour expliquer l'absence d'action du champ magnétique, d'envisager chaque corpuscule comme un électron « enveloppé d'un manteau d'électricité positive » que neutralise sa charge.

Il montre que l'ionisation des gaz par les rayons X est un phénomène indirect, l'ionisation étant en réalité produite par les électrons secondaires expulsés de quelques atomes du gaz par les rayons X primaires. Il fut le premier à insister sur ce fait, dont il apporta la preuve expérimentale en collaboration avec H. G. Porter (1911).

En juin 1912 Laue, avec Friedrich et Knipping, annoncèrent leur découverte de la diffraction des rayons X par les cristaux, apportant ainsi la preuve définitive de la nature ondulatoire des rayons X. Bragg, très intéressé par leurs expériences, donna son point de vue dans *Nature*, de novembre de la même année : l'expérience de Laue prouve que les mêmes théories ondulatoires s'appliquent à la lumière et aux rayons X. D'autres propriétés des rayons X conduisent à une théorie quasi-corpusculaire, et certaines propriétés de la lumière peuvent être interprétées de façon similaire. Le problème, semble-t-il, n'est pas de décider entre les deux théories, mais de trouver une théorie qui possède les capacités des deux. Ce point de vue est exactement celui qui a été adopté depuis et dont la généralisation a conduit L. de Broglie à la découverte de la Mécanique ondulatoire.

La théorie de la diffraction des rayons X par les cristaux donnée par Laue était un peu compliquée, faisant intervenir les ondelettes diffractées par des atomes répartis aux sommets d'un réseau à trois dimensions. Le fils de Bragg (William Lawrence) en donne une explication plus simple, ramenant le phé-

nomène à des réflexions suivant les lois de Descartes sur des plans réticulaires parallèles et équidistants, avec la condition supplémentaire d'accord de phase entre les ondes réfléchies sur les plans successifs, ce qui s'exprime par la *formule de Bragg* $n\lambda = 2d \sin\alpha$, où d est la distance entre les plans, α l'angle de rencontre des rayons X avec ces plans (λ = longueur d'onde des rayons X).

S'appuyant sur cette formule, Bragg commença, en collaboration avec son fils, le travail classique au cours duquel fut établie l'existence des radiations X monochromatiques et la possibilité d'appliquer les rayons X à la détermination de la structure des cristaux.

En 1913 parut, dans les *Proceedings of the Royal Society*, le premier Mémoire, *The reflexion of X-rays by crystals*, qui fondait la science de l'analyse des structures cristallines au moyen des rayons X. Il fut suivi en 1915 du Livre *X-rays and crystal structure*, où l'une des plus belles découvertes de la science moderne est exposée dans un langage d'une simplicité si grande, où les faits se coordonnent d'une façon qui paraît si naturelle et si inévitable qu'on en arrive presque à oublier le mérite des auteurs de la découverte.

Ce mérite a été sanctionné par l'attribution du prix Nobel de physique de 1915 aux deux Bragg, père et fils.

Une recherche sur l'absorption des rayons X par la matière, entreprise à la même époque, en commun avec Peirce, conduisit à la découverte de la loi de Bragg-Peirce : le coefficient d'absorption par atome est proportionnel à la 4e puissance du nombre atomique et à la puissance 5/2 de la longueur d'onde (¹).

Tous ces travaux furent exécutés à Leeds, où Bragg se trouvait lorsque éclata la guerre de 1914. Il poursuivit quelque temps encore ses recherches, publiant en 1915 un mémoire sur le groupe des spinelles. Nommé en 1915 professeur de physique (*Quain professor*) à l'*University College*, à Londres, il prit une part active aux recherches de guerre mettant au point des appareils efficaces pour la détection acoustique des sous-marins. C'est probablement en raison des services rendus pendant cette période qu'il fut fait C. B. E. en 1917 et K. B. E. en 1920.

La guerre terminée, Sir William reprit ses recherches sur la structure des cristaux à l'*University College*. Il s'attaqua pour la première fois à l'étude des composés organiques. Élu président de la *Physical Society* en 1921, il exposa dans son adresse présidentielle ses magnifiques recherches sur le naphtalène et l'anthracène. L'année suivante, en 1922, il donna la structure si élégante de la glace, déterminée par la méthode dite des poudres cristallines.

En 1923, il prit la double direction du laboratoire de la *Royal Institution* et du Laboratoire de recherches Davy-Faraday.

Il groupa autour de lui des chercheurs de grand mérite : Müller, Shearer, Bernal, Miss Yardley (Mrs Lonsdale), Miss Elam, Astbury, Robertson etc., et

(¹) L'exposant 3 paraît aujourd'hui plus probable.

son laboratoire devint rapidement un centre de recherches fameux dans le monde entier, orienté principalement vers l'étude de la structure des composés organiques, poursuivie par des méthodes de plus en plus puissantes, telle l'analyse par développement en série de Fourier.

Une série de conférences de Sir William sur *la cristallisation imparfaite des choses communes* devint le point de départ de recherches sur la structure cryptocristalline des cheveux, du coton, de la soie, des fibres textiles, des épines de porc-épic etc., qu'Astbury considère comme une première étape vers l'analyse des structures dans le domaine de la biologie.

Pendant le même temps, l'École de son fils, William Lawrence à Manchester, faisait faire des pas de géants à l'analyse de la structure des Minéraux.

On ne saurait passer sous silence une autre forme d'activité de Sir William qui lui valut une grande popularité parmi les classes anglaises désireuses de s'instruire. Ce sont ses fameuses *Christmas lectures* devant un *auditoire juvénile*, continuant une tradition déjà ancienne à la *Royal Institution*. Il s'y donnait de tout son cœur, consacrant un mois de travail à la préparation d'une heure de conférence, y mettait tout son talent et y réussissait à merveille. Citons parmi les plus célèbres de ces lectures : Le monde du son (1919), Concernant la nature des choses (1924), L'univers de lumière (1931). Il s'y montre le plus charmant et le plus limpide des écrivains scientifiques de notre temps.

Ses causeries du Vendredi soir ont fait aussi les délices d'un cercle sans cesse croissant d'auditeurs.

Il était devenu une des grandes figures les plus populaires de la science anglaise. Les honneurs lui vinrent de toutes les parties du monde. En 1930 la *Royal Society* lui attribua la médaille Copley. Il reçut l'Ordre du Mérite en 1931. De nombreuses sociétés anglaises ou étrangères se l'attachèrent comme membre honoraire, ou Docteur *honoris causa*; notre Académie, qui l'avait élu Correspondant pour la Section de Physique générale le 4 décembre 1922, lui confère le titre d'Associé étranger, le 13 juin 1938. Il fut président de la *Royal Society* de 1935 à 1940.

Ces distinctions honorifiques n'altérèrent pas sa modestie et sa simplicité naturelle. Son bonheur était dans l'affection très vive dont l'entouraient tous ses élèves et surtout dans les satisfactions profondes de la vie de famille. S'il eut le malheur de perdre son fils Robert pendant la guerre 1914-1918, il eut la joie d'assister à la carrière scientifique triomphale de son autre fils, William Lawrence, qui fut un instant son collaborateur et s'est acquis une renommée mondiale comparable à la sienne. Son épouse fut une compagne idéale, dont tous ceux qui ont fréquenté la *Royal Institution* ont pu apprécier la courtoisie délicate et le charme incomparable. Il eut la douleur de la perdre en 1929; ce fut un coup terrible pour lui, qui fut pourtant atténué par la chaude affection dont l'enveloppa sa fille Gwendolen, artiste délicate.

Resté très robuste, malgré ses 77 ans, il assuma à la déclaration de guerre de 1939 des charges nombreuses et variées concernant la défense du pays. Il trouva encore le moyen de s'intéresser à un phénomène nouveau qui venait d'être découvert, la diffusion des rayons X par les cristaux en dehors des directions de diffraction sélective classiques, diffusion probablement due à l'agitation thermique des atomes (ou à toute autre cause qui perturbe la périodicité du cristal). Mais il dépassa vraiment la limite de ses forces. Son cœur manifestait quelque trouble et ses amis le voyaient peu à peu s'épuiser. Contraint de s'aliter le mardi 10 mars 1942, le vaillant vétéran s'éteignait deux jours plus tard, laissant l'exemple d'une vie droite et belle, toute consacrée à la science et au bien de l'humanité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques points de théorie des nombres et sur la théorie générale des courbes algébriques.* Note de M. **Jules Drach.**

On peut présenter la théorie des courbes algébriques, et celle des fonctions, de manière que les opérations indiquées soient réalisables par des opérations rationnelles et les propositions concernent des systèmes *réguliers,* où toutes les arbitraires sont explicites. On acquiert ainsi des vues nouvelles précises sur la *diversité* des courbes d'ordre *n,* dont on réalise une *dissociation*; jusqu'à présent on avait tenté une *uniformisation* par des opérations souvent idéales. Quelques points de théorie des nombres sont à rappeler et à préciser.

A. Soit $t_n = [n(n+1)/2]$ un nombre *triangulaire*; on sait que *tout entier est triangulaire ou somme de deux ou de trois triangulaires.*

Cette proposition de Fermat n'a été démontrée que par Gauss; il ramène l'égalité $m = t_\alpha + t_\beta + t_\gamma$ à $8m+3 = (2\alpha+1)^2 + (2\beta+1)^2 + (2\gamma+1)^2$; sous cette forme, dit Kronecker, elle exige la connaissance des propriétés les plus cachées des formes quadratiques ternaires. L'importance qu'elle aura ici m'engage à en donner une démonstration simple, peu différente de celle qu'aurait pu donner Lagrange, mais peut-être plus en accord avec Fermat. On désignera par σ_n une somme de n carrés d'entiers.

1° *Tout nombre premier* $p = 4n+1$, *qui divise une* σ_2 *est aussi* σ_2. Cela est vrai pour 5, 13, 17, ... Soit p le *plus petit* nombre premier qui divise une σ_2 sans être σ_2. On a $a^2 + b^2 = pp'$ et l'on peut supposer $a^2 + b^2$ le *plus petit possible; a* et *b* sont, au signe près, des restes *minima* (mod p) inférieurs à $p/2$. Donc $pp' < 1/2p^2$, ou $p' < p/2$.

Soient a', b' les restes minima (mod p') de a et b : $a - \alpha p' = a'$, $b - \beta p' = b'$; on aura $a'^2 + b'^2 = p'p''$ avec $p'' < p'/2$. Donc

$$(a^2+b^2)(a'^2+b'^2) = (aa'+bb')^2 + (ab'-ba')^2 = pp'^2p'',$$

mais, compte tenu des valeurs de a et b, $(aa'+bb') = a''p'$, $(ab'-ba') = b''p'$, d'où $a''^2 + b''^2 = pp''$ et pp' n'est pas le plus petit σ_2 divisible par p. Ainsi $p' = 1$ et p est σ_2.

2° *Tout nombre premier* $p = 4n + 1$, *divise une* σ_2. Démonstration classique par le théorème de Wilson.

3° *Aucun nombre premier* $q = 4n + 3$, *n'est* σ_2 : $1 = 1^2$ est toujours reste d'un carré, $4n + 2$ n'est jamais carré, donc $q - 1 \equiv -1$ n'est jamais reste d'un carré (mod q). Si l'on avait $a^2 + b^2 \equiv 0 \pmod{q}$, ou $a^2 \equiv \alpha$, $b^2 \equiv -\alpha \pmod{q}$, comme $-\alpha = \alpha(-1)$ la deuxième congruence contredit la première.

4° La même méthode s'applique aux σ_4.

Tout nombre premier, $q = 4n + 3$, *qui divise une* σ_4 *est aussi* σ_4. Cela est vrai de 3, 7, 11, ... Soit q le *plus petit* nombre premier pour lequel $\sigma_4 = a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = qq'$ et qui n'est pas σ_4. Si σ_4 est *le plus petit* possible, a, b, c, d sont, au signe près, restes minima (mod. q), d'où $\sigma_4 < q^2$ et $q' < q$. Prenons les restes minima (mod. q') $a - \alpha q' = a'$, $b - \beta q' = b'$, ...; on a $\sigma'_4 = a'^2 + b'^2 + \ldots = q' q''$ avec $q'' < q'$. L'identité de Lagrange donne alors $\sigma_4 \sigma'_4 = \sigma''_4 q'^2$ où $\sigma''_4 = a''^2 + b''^2 + \ldots$ avec $a'' = q - (\alpha b' + \gamma c' + \delta d')$, ...; d'où enfin $\sigma''_4 = qq''$. Ainsi σ_4 n'est pas le plus petit divisible par q; il faut donc $q' = 1$ et q est σ_4.

5° *Tout nombre premier*, $q = 4n + 3$, *divise une* σ_3 *et une* σ_4.

Si l'on désigne par $(\alpha + 1)$ le premier des nombres $1, 2, \ldots, (q - 1)$ non reste d'un carré, on a : $x^2 \equiv \alpha$, $y^2 \equiv -(\alpha + 1)$ (mod. q), donc $\sigma_3 = x^2 + y^2 + 1 \equiv 0$ (mod. q) : on peut y réduire x^2, y^2 à leurs valeurs minima, d'où $\sigma_3 = qq'$ avec $qq' < 1 + (q^2/2)$ ou $q' < (q/2) + 1$. Si $q' \neq 1$, le raisonnement précédent donne une $\sigma'_3 = q' q''$ et le produit $\sigma_3 \sigma'_3$ est une σ_4 divisible par q. Donc q est aussi σ_4.

Tout entier, produit de facteurs premiers p et q, et de 2 *qui est* σ_2, *est donc* σ_4.

6° L'examen des formes possibles pour σ_2, σ_3, σ_4 montre aisément que *les nombres* $8m + 3$ *ne se présentent que pour* σ_3 *avec trois impairs*, $2x + 1$, ..., car $x^2 + y^2 + z^2$ et $x + y + z$ sont de même parité.

La proposition de Fermat est donc établie.

On voit de même que *les nombres* $8m + 7$ *ne se présentent que pour* σ_4 *avec trois impairs;* 7 par exemple est une σ_4.

B. 1° La courbe *générale* d'ordre n, C_n, définie par une équation en coordonnées homogènes x, y, z, relatives à un triangle ABC (où $z = 0$ peut être la droite de l'infini), $f(x, y, z) = 0$, possède $N = t_{n+1} - 1$ coefficients arbitraires, donc appartient à une série linéaire Γ_N. Si α, β, γ sont trois entiers, $\alpha \geqq \beta \geqq \gamma$, on peut imposer à C_n d'avoir en A, $y = z = 0$, un point multiple *ordinaire* (à tangentes séparées) d'ordre α, si $\alpha \leqq n - 1$, puis en B un point multiple ordinaire d'ordre β, si $\alpha + \beta \leqq n$, et enfin en C un point multiple d'ordre γ si $\alpha + \beta + \gamma \leqq 3n/2$, d'où $\gamma \leqq n/2$. On annule ainsi $t_\alpha + t_\beta + t_\gamma$ coefficients, les autres restant *arbitraires*. Si, en outre, le nombre p (*genre*) défini par $p = [(n - 1)(n - 2)/2] - d$, où $d = t_{\alpha-1} + t_{\beta-1} + t_{\gamma-1}$ (*équivalent en points doubles*) est positif ou nul, $p \geqq 0$, *il existe une* C_n *indécomposable qui satisfait à ces conditions* (elles résultent d'une section par AB ou par la cubique $xyz = 0$).

La dimension δ de la série linéaire C_n est donnée par $1 + \delta = t_{n+1} - \Sigma t_\alpha$ ou $1 + \delta = t_{n+1} - (1/2)\Sigma_1 - (1/2)\Sigma_2$ avec $\Sigma_1 = \alpha + \beta + \gamma$, $\Sigma_2 = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$; on a donc

$1+\delta-p=3n-\Sigma_1\geqq 3n/2$. La condition $\delta>1$, moins restrictive que $p\geqq 0$, donne des C_n décomposables.

Les cas limites se présentent tous, avec des conclusions simples.

Une C_n ainsi définie est dite *courbe type* $(n; \alpha, \beta, \gamma)$; elle comprend tous les *termes* $x^i y^j z^k$ où $i\leqq n-\alpha$, $j\leqq n-\beta$, $k\leqq n-\gamma$ avec des coefficients arbitraires. Si n est *la plus petite* valeur qui satisfait aux inégalités, le type est *propre*, sinon *impropre*. *Les* C_n *types n'ont pas de points de rebroussement* (ils seraient fixes et placés en A, B, C). Une C_n type *déterminée* est donc *la courbe générale d'une série linéaire de dimension* δ.

Deux courbes types $(n; \alpha, \beta, \gamma)$, $(n'; \alpha', \beta', \gamma')$ se coupent en $nn'-\alpha\alpha'-\beta\beta'-\gamma\gamma'$ points simples.

2° J'appelle *adjointes* à C_n, les courbes types $A_m(m; \alpha-1, \beta-1, \gamma-1)$ quand elles existent. Ainsi, ni $f=0$, ni $Pf=0$ ne sont des adjointes. Ces adjointes existent en général; on a la dimension d_m de la série linéaire qui les contient, le nombre q_m des points simples où elles coupent C_n et leur *genre* p_m.

Exceptions. — Si $d=t_{n-2}$, $\alpha=n-1$, $p=0$, A_{n-2} n'existe pas; si $\alpha+\beta=n$, A_{n-3} n'existe pas, indécomposable. En particulier, pour A_{n-3}, $1+d_{n-3}=p$, $q_{n-3}=2p-2$ (série *canonique*) et $p-p_{n-3}=3(n-4)+\Sigma_1$.

3° La théorie des groupes de m points, G_m^r, découpés sur C_n par une série linéaire de dimension r est très claire avec les *courbes types*. On n'a besoin du théorème de Nœther que sous sa forme la plus simple.

Si f est de type $(n; \alpha, \beta, \gamma)$, f' de type $(n'; \alpha', \beta', \gamma')$, l'expression $f'\psi+f\psi'$, où ψ est une adjointe A_{n-1} de f, ψ' une adjointe $A'_{n'-1}$ de f' a la dimension $\Delta=d_{n-1}+d'_{n'-1}+1$. Une courbe F passant par les points communs à $f=0$, $f'=0$ et de type $(n+n'-1; \alpha+\alpha'-1, \beta+\beta'-1, \gamma+\gamma'-1)$ a la dimension Δ_1, où

$$1+\Delta_1=t_{n+n'}-t_{\alpha+\alpha'}-t_{\beta+\beta'}-t_{\gamma+\gamma'}-(nn'-\alpha\alpha'-\beta\beta'-\gamma\gamma'),$$

mais comme $t_{n+n'}=t_n+t_{n'}+nn'$, ..., $1+d_{n-1}=t_n-t_{\alpha-1}-t_{\beta-1}-t_{\gamma-1}$, ..., il en résulte $\Delta_1=\Delta$ et les conditions de passer par les points simples sont indépendantes. On peut donc écrire $F=f'\psi+f\psi'$; *c'est le théorème de Nœther précisé*. Si l'on multiplie par un polynome P et réduit $P\psi$ et $P\psi'$ en divisant par f et f', on a une forme plus générale.

Une série linéaire $\lambda_0\psi_0+\ldots+\lambda_r\psi_r=0$ de C_m peut être transformée en courbes types. Il suffit, par exemple, de multiplier par xyz pour avoir le type $(m+3; \alpha', \beta', \gamma')$ avec $\alpha'\geqq 2\alpha$, ... Le théorème de Nœther montre que *les points qu'elle détermine sur* C_n *peuvent l'être par des adjointes* A_l. Le théorème du reste, la loi de réciprocité résultent du théorème de Nœther.

4° Pour la théorie des *groupes spéciaux* déterminés sur C_n par des A_{n-3}, on observe que se donner q points (x_i, y_i, z_i) $(i=1, \ldots, q)$ sur C_n, c'est remplacer C_n par *un nouvel être algébrique*, avec des *équations de définition*

$$f(x, y)=0, \qquad f(x_i, y_i)=0 \qquad (i=1, \ldots, q);$$

en faisant $z=1$, C_n dépend de $\delta-q$ paramètres linéaires et de $2q$ paramètres x_i, y_i non linéaires. Les A_{n-3} qui passent par ces q points sont définies de même, mais conduisent à des relations qui fixent à $(p-1-q)$ la dimension de la série A_{n-3}, c'est-à-dire à q le *rang* d'une matrice, où ne figurent que les *termes* $x_i^\lambda y_i^\mu$ de A_{n-3} et *non les coefficients de* C_n et de A_{n-3}. On peut donc étudier les relations entières entre ces éléments et traiter la question pour toutes les C_n types $(n; \alpha, \beta, \gamma)$ en même temps (théorème de Riemann-Roch) quand la dimension dépasse $(p-1-q$.

L'emploi des cubiques $(3; 1, 1, 1)$ qui passent par quatre points A_i du plan et un

point Γ de C_n et forment un *réseau* donne, d'un seul coup, la transformation de Bertini, qui disperse les points A, B, C en d points doubles.

5° Si l'on prend la suite naturelle des nombres, $d = 1, 2, 3, \ldots$, dans l'intervalle $t_{n-3} < d \leqq t_{n-2}$ on obtient des C_n types *propres* dont le genre décroît de $(n-3)$ à 0; pour $d \leqq t_{n-3}$ on a des C_n types impropres. Mais *toutes les valeurs de d ne sont pas bonnes*. Suivant les valeurs de α, β, γ dans $d = t_{\alpha-1} + t_{\beta-1} + t_{\gamma-1}$ et *les inégalités indiquées*, on peut avoir plusieurs types de C_n *équivalents* ou pas du tout, ces valeurs exigeant des C_{n+1} ou C_{n+k}. Le nombre des décompositions de d en triangulaires est connu depuis Gauss mais *très compliqué*. On a, en tout cas, un procédé régulier pour constituer des *tableaux de* C_n *existant réellement*, avec leurs singularités ponctuelles; les singularités tangentielles c, t, i s'en déduisent par les formules de Plücker *réduites* $(r = 0)$, dont on a *les cas d'exception*.

Ainsi, pour $d = 9$ on a une $C_6(6; 3, 3, 3)$ et une $C_7(7; 4, 3, 1)$; pour $d = 12$ on a $C_7(7; 5, 2, 2)$ et une $C_8(8; 4, 4, 2)$, mais pour $d = 13$ et $d = 14$ pas de C_7 mais des C_8. J'ai poursuivi cette étude jusqu'à $d = 105$.

L'emploi des courbes types conduit aussi à des résultats précis en Algèbre, et dans la théorie des intégrales abéliennes. Enfin il est utile, dans l'étude beaucoup plus difficile, des surfaces.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la possibilité d'expliquer les étoiles nouvelles par la libération de la forte énergie condensée dans les noyaux de leurs atomes*. Note de M. **Henri Deslandres**.

Les étoiles nouvelles sont un des phénomènes les plus curieux présentés par le monde stellaire. Une étoile faible offre subitement un fort accroissement de sa lumière, qui même parfois, la fait plus intense qu'une étoile de première grandeur; mais cet éclat exceptionnel dure peu; il diminue dans les mois suivants et l'étoile reprend son faible éclat primitif. On a invoqué, pour expliquer cette variation, la rencontre avec un autre corps céleste; mais l'observation ne montre toujours qu'un seul astre.

On a pensé que le phénomène pouvait avoir les mêmes causes que la puissance des deux bombes atomiques qui ont détruit en grande partie deux villes importantes du Japon et forcé les Japonais à abandonner leurs conquêtes. L'énergie extrêmement forte, condensée dans les noyaux de nombreux atomes de l'étoile, étant libérée, peut expliquer toutes les variations de l'étoile. Mais il resterait à déterminer les causes de la libération. Actuellement on peut tout au moins comparer le spectre de la bombe atomique, non encore publié à ma connaissance, et le spectre des étoiles nouvelles, relevé avec soin par les astronomes [1].

---

[1] Le groupe d'hommes de sciences, choisis parmi les meilleurs, qui a organisé la bombe atomique, a certainement pris son spectre. Il est facile d'avoir le spectre d'une lumière intense. Si ce spectre a des caractères bien particuliers, qui le distinguent des autres spectres, on pourra, dans chaque étoile variable, déterminer la part qui revient à l'énergie interne des atomes. D'ailleurs cette énergie interne, en raison de sa grandeur, doit certainement jouer un rôle dans la formation et l'évolution des étoiles.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les Cartes botaniques entreprises actuellement en France et leur publication.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

En mai 1943, M. L. Emberger a proposé au Centre national de la Recherche scientifique d'entreprendre la cartographie méthodique de la France. Accueilli favorablement, ce projet a fait l'objet d'études approfondies par le Comité directeur de Biologie végétale au Centre national de la Recherche scientifique, d'abord sous la présidence de M. Charles Jacob, puis sous celle de M. R. Combes. Il est aujourd'hui au point et sa réalisation décidée, tous les problèmes scientifiques et techniques de mise au point ayant été résolus.

L'œuvre est entreprise par le Centre National de la Recherche scientifique sous le contrôle immédiat de son Comité Directeur de Biologie végétale.

Deux Cartes seront dressées, l'une au 1/200000, intitulée *Carte de la Végétation de la France,* dirigée par M. H. Gaussen, avec M. Rey, Agrégé de l'Université comme Directeur technique; l'autre, au 1/20000, dite *Carte des Groupements végétaux de la France,* confiée à M. L. Emberger, avec M. Braun-Blanquet comme Directeur technique.

La première carte représentera *les climax,* en s'inspirant des principes qui avaient dirigé C. Flahault, mais elle sera beaucoup plus détaillée que les cartes publiées par ce savant, car elle représentera aussi les états actuels de la végétation des territoires occupés par les divers climax, ainsi que les cultures. Des cartons annexes donneront des documents pédologiques climatiques, forestiers, agricoles etc. permettant une meilleure compréhension de la carte.

La deuxième carte représentera les *Associations végétales,* telles que celles-ci sont définies floristiquement, d'après les principes de l'École dite de Montpellier-Zurich, aujourd'hui universellement reconnue. Elle sera également accompagnée de cartons complétant la documentation qu'elle représente.

Les travaux sont déjà commencés. Leur plan est déterminé par les possibilités des Collaborateurs, l'existence des fonds de cartes nécessaires, le 20/000 n'existant encore que pour les zones frontières, et par l'intérêt économique des régions. Au 1/200000, la feuille de Toulouse sera donnée à l'impression fin décembre; celles de Perpignan, du Puy, d'Orléans et de Nice sont en marche. Au 1/20000, la feuille de Montpellier est à l'impression. Celles d'Aix-Nord, d'Aix-Sud et de Besançon paraîtront en 1946. On travaille activement dans la Crau et dans la Camargue, régions particulièrement intéressantes du point de vue économique.

La France accomplira, dans ce domaine, une œuvre comparable à celle que les géologues ont déjà effectuée. Elle est aussi le premier pays qui entreprenne *méthodiquement* des levés de cartes botaniques et réalisera ainsi un projet caressé depuis longtemps par des hommes clairvoyants (Aug. Pyrh. de Candolle, Ch. Flahault) soucieux du bien public. Les circonstances et le manque

d'initiative ou de moyens avaient empêché, jadis, que les projets fussent poussés plus avant. Il fallait un puissant organisme comme le Centre national de la Recherche scientifique pour assumer une entreprise aussi importante et d'aussi longue haleine.

Ces cartes rendront, dans tous les domaines, mais surtout du point de vue économique, d'immenses services au pays et il faut souhaiter que leur établissement soit poussé avec toute la vigueur qu'impose la situation de notre pays.

En écrivant moi-même cette Note j'ai tenu à informer les géobotanistes de l'œuvre entreprise en France malgré les circonstances difficiles actuelles. MM. L. Emberger et H. Gaussen ont le mérite de l'avoir conçue et ils viennent de l'amorcer puisque plusieurs cartes sont déjà dressées et vont être prochainement publiées.

MÉCANIQUE. — *Sur l'amortissement et l'entretien des oscillations à n degrés de liberté.* Note de M. **Jules Haag**.

1. Considérons un système de $n+1$ corps solides $S_0, S_1, \ldots, S_n$, dont le premier sera appelé le *support*. La position de S_0 est déterminée par le paramètre x_0; la position de S_i par rapport à S_0 est déterminée par le paramètre x_i. Tous les x_i sont par exemple des longueurs. La *force vive* du système est nécessairement de la forme

$$(1) \qquad 2T = M_0 x_0'^2 + \sum_{i=1}^{n} (M_i x_i'^2 + 2N_i x_0' x_i').$$

Nous supposerons tous les coefficients M_i, N_i *constants*.

Les *forces élastiques* appliquées au système dérivent du *potentiel*

$$V = \sum_{i=0}^{n} M_i \omega_i^2 x_i^2.$$

Les *résistances passives* absorbent la puissance instantanée

$$S = \sum_{i=0}^{n} \lambda_i M_i \omega_i x_i'^2,$$

les λ_i désignant des *nombres constants, positifs et très petits.*

2. Écrivons les équations de Lagrange et cherchons une solution en $e^{j\omega t}$, $(j=\sqrt{-1})$. Nous obtenons le système linéaire

$$(2) \qquad M_0 z_0 x_0 = \omega^2 \left(\sum_{i=1}^{n} N_i x_i \right), \qquad z_i x_i = N_i \omega^2 x_0,$$

en posant $z_i = \omega_i^2 - \omega^2 + j\lambda_i \omega_i \omega$. En éliminant les x_i, nous obtenons *l'équation*

en ω

(3)
$$\frac{z_0}{\omega^4} - \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i}{z_i} = 0, \qquad P_i = \frac{N_i^2}{M_i}.$$

En *première approximation*, on peut annuler les λ_i; on obtient l'équation déterminant les *pulsations propres* du système. On voit immédiatement qu'elles sont *séparées par* $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ et que ω_0 est *toujours compris entre les racines extrêmes*.

En *deuxième approximation*, les racines de (3) sont de la forme $\omega + j\beta$, avec

(4)
$$\beta = \frac{M_0 \lambda_0 \frac{\omega_0}{\omega^4} + \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i \lambda_i \omega_i}{(\omega_i^2 - \omega^2)^2}}{M_0 \frac{2\omega_0^2 - \omega^2}{\omega^6} + \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i}{(\omega_i^2 - \omega^2)^2}},$$

en supposant $\omega_1 < \omega_2 < \ldots < \omega_n$. On voit aisément que β est *toujours positif*.

Si $\omega_p = \omega_{p+1} = \ldots = \omega_{p+q}$, $(p > 0)$, q pulsations propres se confondent avec ω_p. Les q valeurs correspondantes de β sont données par l'équation

(5)
$$\sum_{i=p}^{p+q} \frac{P_i}{\rho - \lambda_i} = 0, \qquad \text{avec } 2\beta = \rho\omega_p.$$

Revenons au cas général et supposons le rapport ω_p/ω_{p-1} très grand, tous les λ_i du même ordre de grandeur et tous les P_i de l'ordre de M_0. On voit aisément, sur la formule (4), que β est de l'ordre de $\lambda_p \omega_p$, si ω_p est immédiatement inférieur à ω. On en conclut que *les* $n - p + 1$ *vibrations de haute fréquence ont un amortissement beaucoup plus rapide que les vibrations de basse fréquence*.

3. Supposons qu'un mécanisme *interposé entre* S_0 *et* S_1 donne une *impulsion instantanée* à S_1 chaque fois que x_1 passe par la valeur zéro. Nous supposons en outre que *l'énergie fournie par cette impulsion a une valeur donnée* E.

Les percussions appliquées au système sont toutes des *percussions intérieures*. Leur travail virtuel est indépendant du trièdre de référence. En liant celui-ci à S_0, on voit que ledit travail est de la forme $Q_1 \delta q_1$. En appliquant les équations de Lagrange de la théorie des percussions, on trouvre que les accroissements de vitesses $\Delta x'_i$ sont donnés par les formules

$$\Delta x'_1 = \frac{E}{M_1 x'_1}\left(1 + \frac{P_1}{Q}\right); \qquad \Delta x'_0 = \frac{-EN_1}{M x'_1 Q}; \qquad \Delta x'_i = -\frac{N_i}{M_i} \Delta x'_0 \qquad (i > 1);$$

avec

$$Q = M_0 - \sum_{i=1}^{n} P_i > 0.$$

Si A_i désigne l'amplitude de l'oscillation de x_i, *les accroissements d'amplitude*

dus à l'impulsion sont donnés par

$$(6) \quad \begin{cases} A_1 \Delta A_1 = \dfrac{E}{M_1 \omega^2}\left(1 + \dfrac{P_1}{Q}\right), \qquad A_0 \Delta A_0 = \dfrac{E(\omega^2 - \omega_1^2)}{Q\omega^4}, \\ A_i \Delta A_i = \dfrac{EN_i^2(\omega^2 - \omega_1^2)}{QM_i^2(\omega^2 - \omega_i^2)\omega^2}. \end{cases}$$

On voit que ΔA_1 *est toujours positif, les autres* ΔA_i *peuvent avoir des signes quelconques.*

La *perte d'amplitude due à l'amortissement* est $(\beta\pi/\omega) A_i$. En la retranchant de ΔA_i, on obtient *l'accroissement algébrique global d'amplitude* δA_i. En annulant δA_1, on peut *calculer l'énergie* E *nécessaire pour entretenir une oscillation de* S_1 *par rapport à* S_0 *ayant une amplitude donnée* A_1. On peut ensuite *étudier l'amortissement des oscillations des autres paramètres.*

La présente méthode peut être appliquée à des problèmes variés, tels que : *double pendule, pendule à suspension non rigide, pendules sympathiques, montre oscillante* etc.

PLIS CACHETÉS.

M. **Fernand Charron** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 27 mai 1935 et enregistré sous le n° 11040.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Altimètre intégrateur.*

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

M. **Georges-Gaston Bory** demande l'ouverture de trois plis cachetés reçus dans les séances des 12 février et 20 août 1917 et enregistrés sous les n°s 8360, 8427 et 8428.

Ces plis, ouvert en séance par M. le Président, contiennent trois Notes intitulées *Essai sur la balistique de la fusée; Note technique sur le calcul des freins de bouche système Galliot-Bory; Essai sur la balistique extérieure de la fusée dans le cas du tir ascendant presque vertical.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui occuperont, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire,* les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. *P. Lebeau* et *M. Delépine.*

MM. **Pierre Chevenard** et **Raymond Jouaust** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par l'annulation de l'élection de M. *Georges Claude.*

ALGÈBRE. — *Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : compléments et applications.* Note [1] de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de mes Notes précédentes [2] et je me sers de leurs résultats.

1° *Dénominateurs des nombres caractéristiques.* — Contrairement aux cas classiques [3], le dénominateur $\delta_{K'}^{(\alpha)}(\sigma)$ du nombre caractéristique $v^{(\alpha)}(\sigma)$ en un $\alpha \in K'$ (où K' est une extension transcendante élémentaire de K) d'un $\sigma \in Z_{K/k}$ *peut ne pas se diviser par p*, c'est-à-dire $\mathfrak{M}'(v^{(\alpha)}(\sigma))/\mathfrak{M}'$ peut ne pas être séparable [exemple : soit $k = k_0(x)$ l'extension transcendante élémentaire de caractéristique valuative (0) du corps p-adique rationnel k_0, et soit $K' = K = k(\alpha)$, où $\alpha^{p^2} = x$; il existe un $\sigma \in G_{K/k} = Z_{K/k}$ tel que $\sigma\alpha : \alpha$ soit une racine $p^{2\text{-ième}}$ primitive de l'unité; $\mathfrak{M}'$ est le module des entiers rationnels, et $v^{(\alpha)}(\sigma) = 1 : p(p-1)$]. Le noyau séparable de $\mathfrak{M}'(v^{(\alpha)}(\sigma))/\mathfrak{M}'$ est dit la *période caractéristique de σ en α (pour* $\{K', |\ldots|^\star\}$). Si $\sigma \in \mathfrak{V}_q - \mathfrak{V}_{q+1}$, les périodes caractéristiques (pour $\{K, |\ldots|^\star\}$) de σ aux $\alpha \in \mathfrak{I}$ tels que, pour tout $\sigma' \in \mathfrak{V}_{q+1}$, on ait $v^{(\alpha)}(\sigma) > v^{(\alpha)}(\sigma')$, sont dites les *périodes caractéristiques de σ* tout court, et σ est dit *régulier* s'il ne possède qu'une seule période caractéristique. L'ensemble $P_q(K/k)$ des périodes caractéristiques des $\sigma \in \mathfrak{V}_q - \mathfrak{V}_{q+1}$ réguliers sera dit le *q-ième ensemble de périodes de* K/k. On démontre que si $\Pi \in P_q$, la réunion $\mathfrak{V}_{q,\Pi}(K/k; |\ldots|^\star)$ de $\mathfrak{V}_{q+1}$ et de l'ensemble des éléments réguliers de $\mathfrak{V}_q - \mathfrak{V}_{q+1}$ dont la période est Π est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$, $\mathfrak{V}_{q,\Pi}/\mathfrak{V}_{q+1}$ est dit la Π-*composante* de $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}_{q+1}$ et que $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}_{q+1}$ est le *produit direct de ses* Π-*composantes*, Π parcourant P_q. De même, $\mathfrak{V}'_q/\mathfrak{V}_{q+1}$ en est un de ses Π-composantes $\mathfrak{V}'_{q,\Pi} = \mathfrak{V}_{q,\Pi} \cap \mathfrak{V}'_q \mathfrak{V}_{q+1}$. On prouve aussi que si $\alpha \in K$, la période caractéristique en α (pour $\{K, |\ldots|^\star\}$) de tout $\sigma \in Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$ appartient à un des $P_q(K/k)$. L'ordre de $\mathfrak{V}_{q,\Pi}/\mathfrak{V}'_{q+1}$, sera noté $\mathfrak{N}_{q,\Pi}(K/k)$, et le produit des $\mathfrak{N}_{q,\Pi}$ pour Π fixe, se note $n_\Pi(K/k)$.

2° *Inégalités d'Ore et de Speiser.* — L'inégalité d'Ore [4]

$$v_q(K/k)\, n_q(K/k) \leq \omega(p)\, p : (p-1),$$

n'est plus, en général, exacte; celle de Speiser [5] $v_q(K/k) \leq \omega(p) : (p-1)$ l'est.

3° *Corps intermédiaires.* — Soient K'/k une sous-extension d'une extension

(1) Séance du 29 octobre 1945.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 433-435, 473-476, 539-541, et **220**, 1945, pp. 28-30.

(3) Voir ma *Thèse, Mém. de l'Acad. de Belgique* (*Cl. d. Sc.*), **11**, 1937, 4, pp. 1-110 et mon travail *Sur la primitivité des corps $\mathfrak{p}$-adiques*, *Mathematica* (Cluj), **13**, 1937, pp. 92-171.

(4) Voir Ore, *Math. Annalen*, **202**, 1929-1930, pp. 283-309, et mes travaux cités (3).

(5) Voir A. Speiser, *Journ. f. d. r. u. ang. Math.*, **149**, 1919, pp. 179-188.

valuée K/k, $\mathfrak{M}'$ module de valuation de K', $\Pi' = \Psi'/\mathfrak{M}'$ un élément d'un des $P_q(K'/k)$, $(\Pi')_K = (\mathfrak{M} + \Psi')/\mathfrak{M}$. Soit $n_\Pi(K'/k; K)$ le produit des $n_{\Pi'}(K'/k)$ tels que $(\Pi')_K = \Pi$, où Π appartient à un des $P_q(K/k)$. Alors, on démontre *que* $n_\Pi(K/k) = n_\Pi(K'/k; K) n_\Pi(K/K')$. Si K'/k est une sous-extension hilbertienne de K/k, les valeurs réelles des $v_q(K'/k)$ et les $V_q(K'/k)$ se calculent à partir de K/k et de K/K' par les formules d'Herbrand-Hasse (6).

4° *Extensions primitives des corps valués complets.* — Soit k un corps valué complet. Il résulte de mes Notes citées (2) qu'une extension de k (forcément finie) *est primitive* dans les seuls cas séparés suivants : 1° *elle est non ramifiée et* R/r *est primitive;* 2° *elle est non surramifiée, son degré est un nombre premier autre que p et* $R = r$; 3° *elle est complètement surramifiée* ($\tilde{R} = r$ et $\tilde{\mathfrak{M}} = \mathfrak{m}$) (donc *de degré puissance de p*), *séparable et,* si α est un élément d'une extension transcendante élémentaire quelconque K' de K, $v_1^{(\alpha)}(K/k) = +\infty$ *et* $M_0^{(\alpha)}(K/k)$ *est un* S'*-module primitif de* $S^{*\prime}$ [si cette condition est vérifiée pour un α de cette forme, elle l'est pour tous; elle implique que $\mathfrak{V}_1(K/k; |\ldots|^*) = \{1_k\}$, que $c_0(K/k) \neq (v_0(K/k), v_0(K/k)^+)$ et que $P_0(K/k)$ est un ensemble d'un seul élément Π]; 4° *elle est non séparable de degré* $p (= p')$. *Si* K/k *est primitive,* quels que soient $\alpha \in K$ et $\sigma \in G_{K/k}$, $\delta_K^{(\alpha)}(\sigma)$ *est premier à p, la période caractéristique de* σ *en* α (pour K), si $\alpha \notin k$, *est* Π et $v_0(K/k)$ *satisfait à l'inégalité d'Ore.*

Soit k'/k une sous-extension primitive d'une extension K/k telle que $K_V = k$ ou $k'/k \subseteq K_V/K_T$, et soit $\alpha \in k'$ et $\notin k$. Alors, dans ces cas respectifs, $G_{K/k} = V_0^{(\alpha)}(K/k)$, $G_{K/k'} = V_1^{(\alpha)}(K/k)$ et $G_{K/k} = T_{K/k}$, $G_{K/k'} \supseteq V_{K/k}$, d'où il résulte, en vertu de mes Notes précédentes (2), que $G_{K/k'}$ est un sous-hypergroupe normal de $G_{K/k}$. Or on démontre que *la normalité d'un sous-hypergroupe* h *d'un hypergroupe*$_D$ (7) H *entraîne sa semi-invariance* (7) *dans* H (ceci résulte, g et $\overline{G} \supset g$ étant deux sous-groupes d'un groupe G, de l'équivalence des égalités $c_1 g_1 c_2 \overline{G} = c_1 \overline{G} c_2 \overline{G}$ quels que soient $c_1, c_2 \in G$ avec les égalités $\overline{G} c g = \overline{G} c \overline{G}$ quel que soit $c \in G$). Donc, sous ces hypothèses, $G_{K/k'}$ *est semi-invariant dans* $G_{K/k}$. Il en résulte que *si* $K_T = k$, *la suite des hypergroupes* (7) *de toute suite génératrice* (7) *fortement régulière* (c'est-à-dire passant par K_V) *de* K/k *est une suite de composition* (7) [semi-normale (7)] *de* $G_{K/k}$ et que, en vertu de la loi de Jordan-Hölder dans les hypergroupes que j'avais démontrée (7), *toutes les suites génératrices de* $K/k (k = K_T)$ *ont une même longueur* (7), et, à l'ordre près, *une même suite des degrés* (7), *et celles qui sont fortement régulières ont, en plus,* à l'ordre et à l'isomorphie près, *la même suite des hypergroupes quotients* (7). On démontre comme dans le travail cité (7) la *condition* suivante *nécessaire et suffisante pour*

---

(6) J. HERBRAND, *Journ. d. Math. p. et appl.*, 51, 1931, pp. 481-498, et H. HASSE, *Comptes rendus*, 197, 1933, pp. 511-512.

(7) Voir M. KRASNER, *Duke Math. J.*, 6, 1940, pp. 120-140, et 7, 1940, pp. 121-135.

que K/k (on ne suppose plus $K_T = k$) *soit métagaloisienne* ([8]) : 1° R/r *l'est*; 2° *pour tout facteur premier* l *de* $\tilde{e}$, *les racines* l*-ièmes de l'unité sont* $\in R$; 3° α étant un élément primitif de K'/k', où k', K', $K^{\star\prime}$ sont les mêmes extensions transcendantes élémentaires des k, K, $K^\star$, et, pour tout $q = 0, 1, \ldots, m_{\alpha, K/k} - 1$, $a_q^{(\alpha)}$ étant un élément du squelette $S^{\star\prime}$ de $K^{\star\prime}$ tel que $|a_q^{(\alpha)}| = v_q^{(\alpha)}$ et $a_q^{(\alpha)\delta_q}$, où $\delta_q = \delta_q^{(\alpha)}(K'/k')$, soit un élément du squelette S' de K', *pour tout* q, δ_q *est une puissance* p^{θ_q} *de* p et, $z^\star$ étant l'opérateur $x \to x^p$ et λ_q étant le quasi-polynome ([8]) de $M_q^{(\alpha)}(K/k)$: $a_q^{(\alpha)}$, $z^{\star\theta_q}\lambda_q z^{\star-\theta_q}$ *est décomposable dans l'anneau* $W(R', 1)$ ([8]) [où R' est le corps de restes de K'] *en facteurs de la forme* $z^\star - \beta^{p-1}$, *où* $0 \neq \beta \in R'$. *La condition nécessaire et suffisante pour que tous les* $\delta_q^{(\alpha)}(K'/k')$ *soient puissances de* p *est que* $KK_T^\star/K_T^\star$ *soit métagaloisienne.*

TOPOLOGIE. — *Définition intrinsèque de la notion de chemin.* Note de M. **Karl Menger**, présentée par M. Élie Cartan.

En cinématique nous considérons des mouvements, c'est-à-dire des transformations continues d'intervalles en sous-ensembles d'espaces distanciés et complets. En topologie, depuis Jordan, nous étudions des trajectoires des mouvements, c'est-à-dire les ensembles des positions d'un mobile. Une idée intermédiaire, résultant d'une abstraction partielle du facteur temporel, est la notion de chemin.

Dans la théorie classique le chemin est une famille maximale de mouvements équivalents. Soit $f[a, b]$ le mouvement ininterrompu assòciant la position $f(t)$ au moment t de l'intervalle $[a, b]$, la position $f(t)$ n'étant constante au cours d'aucun sous-intervalle de $[a, b]$. Nous disons que $f[a, b]$ est équivalent au mouvement ininterrompu $g[c, d]$ s'il existe une transformation τ de $[a, b]$ en $[c, d]$ telle que pour chaque moment t de $[a, b]$ les points $f(t)$ et $g[\tau(t)]$ soient identiques. En fait, le chemin que nous étudions est toujours présenté comme un mouvement particulier, et chaque théorème doit être complété par la démonstration de son indépendance à l'égard du mouvement particulier choisi parmi les mouvements équivalents.

Bien que Fréchet et Morse aient établi les méthodes pour le choix d'un mouvement représentatif dans chaque chemin, il y a lieu de caractériser le chemin comme notion *sui generis*. On peut établir une solution de ce problème de la manière suivante.

Soient $f[a, b]$ un mouvement ininterrompu donné, $T = \{t_0, t_1, \ldots, t_n\}$ un ensemble de nombres de l'intervalle $[a, b]$ ordonnés selon leur grandeur et tels que $t_0 = a$ et $t_n = b$; à T correspond une chaîne d'ensembles fermés $\{E_1, E_2, \ldots, E_n\}$, où E_k désigne la trajectoire du mobile pendant l'intervalle

---

([8]) Voir M. Krasner, *Comptes rendus*, 205, 1937, pp. 772-774.

$[t_{k-1}, t_k]$. Par une chaîne nous entendons une suite finie d'ensembles fermés contenant plus d'un point tel que deux éléments consécutifs aient toujours au moins un point commun. Appelons $\mathcal{C}(f)$ la famille des chaînes correspondant à tous les ensembles finis T. Évidemment, si f et g sont équivalents, les familles $\mathcal{C}(f)$ et $\mathcal{C}(g)$ sont identiques. On voit que :

1° $\mathcal{C}(f)$ contient des chaînes de normes arbitrairement petites (par norme d'une chaîne on entend le diamètre maximal de ses éléments).

2° Étant données deux chaînes C_1 et C_2 de la famille $\mathcal{C}(f)$, cette dernière contient toujours un amincissement commun de C_1 et C_2. Ici nous disons que la chaîne $C = \{E_1, E_2, \ldots, E_m\}$ est un amincissement de la chaîne $D = \{F_1, F_2, \ldots, F_n\}$ si chaque élément F_i est la somme d'un segment $\{E_{i_k}, E_{i_k+1}, E_{i_{k+1}} - 1\}$ de la chaîne C, où $i_1 = 1$ et $i_{n+1} = m + 1$.

3° La famille $\mathcal{C}(f)$ est saturée par rapport à la propriété 2°, c'est-à-dire qu'il est impossible d'ajouter à $\mathcal{C}(f)$ aucune chaîne sans priver la famille de la propriété 2°.

Nous appelons chemin une famille $\mathcal{C}$ jouissant des propriétés 1°, 2°, 3°. Chaque chemin ainsi entendu, en conjonction avec une famille d'ensembles correspondants finis contenus dans un intervalle $[a, b]$, détermine un mouvement $f[a, b]$ tel que $\mathcal{C} = \mathcal{C}(f)$, deux mouvements $f[a, b]$ et $g[c, d]$ déterminés par le même chemin étant nécessairement équivalents. La détermination de $f[a, b]$ peut être basée sur une suite quelconque de chaînes $C_1, C_2, \ldots$ de la famille $\mathcal{C}$, pourvu que chaque chaîne C_{k+1} soit un amincissement de la chaîne C_k et que les normes de C_k tendent vers 0. En conséquence, toute suite de chaînes satisfaisant à ces conditions constitue une seconde définition du chemin, deux suites déterminant le même chemin lorsqu'elles appartiennent à la même famille saturée. Remarquons qu'on peut aussi définir la distance de deux chaînes. En admettant des quasi-chaînes contenant des éléments d'un seul point, on peut inclure des mouvements avec des intervalles de repos.

En faisant correspondre à chaque T le polygone

$$P = \{f(t_0), f(t_1), \ldots, f(t_n)\},$$

nous obtenons une famille $\mathfrak{P}$ de polygones. Étant donnés deux polygones P_1 et P_2 de la famille $\mathfrak{P}$, cette dernière contient un sous-polygone commun à P_1 et P_2. La famille $\mathfrak{P}$ est saturée par rapport à cette propriété, et elle contient des polygones dont les normes par rapport à la famille $\mathfrak{P}$ sont arbitrairement petites. Nous appelons norme du polygone $\{p_0, p_1, \ldots, p_n\}$ par rapport à la famille $\mathfrak{P}$ la borne supérieure des diamètres des polygones

$$\{q_{k_i} = p_i, q_{k_i+1}, \ldots, q_{k_{i+1}} = p_{i+1}\} \quad (i = 0, \ldots, n-1)$$

qui forment les segments d'une extension Q de P.

Nous pouvons définir le chemin comme une famille de polygones jouissant des trois propriétés mentionnées.

Cette définition fournit une base entièrement satisfaisante pour une théorie intrisèque de la longueur d'un chemin. Nous appelons longueur de $\mathfrak{T}$ la limite (si elle existe) des longueurs des polygones appartenant à $\mathfrak{T}$ dont les normes par rapport à $\mathfrak{T}$ tendent vers o. Ici la longueur est prise par rapport à une métrique quelconque associant à deux points, comme leur distance, un élément d'un groupe qui est une classe (L), la métrique étant assujettie à la seule condition que la distance de deux points identiques soit toujours l'élément o du groupe. D'autre part le rôle de la métrique de l'espace distancié est purement topologique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions méromorphes d'ordre borné à zéros et pôles réels et négatifs.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Nous considérons ici des suites de fonctions de la forme

$$f_n(z) = e^{c_0 + c_1 z + \ldots + c_p z^p} \frac{\prod \left(1 + \frac{z}{\alpha_j}\right) e^{-\frac{z}{\alpha_j} + \ldots + (-1)^p \frac{z^p}{p \alpha_j^p}}}{\prod \left(1 + \frac{z}{\beta_j}\right) e^{-\frac{z}{\beta_j} + \ldots + (-1)^p \frac{z^p}{p \beta_j^p}}},$$

où les α_j et les β_j sont réels et positifs. On pose $c_q = a_q + i b_q$, avec a_q et b_q réels; les a_q et b_q et les α_j et β_j dépendent, bien entendu, de n; mais p reste fixe.

Nous appellerons $\nu_n(t)$ le nombre de zéros $\geqq -t$ de $f_n(z)$ diminué du nombre de pôles $\geqq -t$, E l'ensemble des points limites de zéros ou de pôles de $f_n(z)$, $-l$ l'abscisse maxima des points de E, $-$L la borne supérieure des zéros et des pôles, et Π, le domaine constitué par le plan privé du segment $[-\infty, -L]$ de l'axe réel.

$\varphi(n)$ sera une fonction positive de l'entier n.

Si l'on suppose $\nu_n(t) \geqq 0$, on a des énoncés tout à fait analogues à ceux établis dans une Note précédente pour les suites de fonctions entières (¹).

I. α. Si, 1° la suite des fonctions M_n définies par

$$M_n(t) = \frac{1}{\varphi(n)} \int_0^t \nu_n(u)\, du$$

est vaguement convergente vers une fonction limite M;

2° A étant un nombre réel positif tel que M soit continue pour $t = A$,

$$(a) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \text{pour } q = 0, 1, \ldots, p, \\ \dfrac{1}{\varphi(n)} \left[c_q + (-1)^q \displaystyle\int_0^A \frac{\nu_n(t)\, dt}{t^{q+1}} \right] \text{ a une limite } C_q = A_q + i B_q, \end{array} \right.$$

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 603.

et

$$(b) \qquad \frac{1}{\varphi(n)}\int_{A}^{+\infty}\frac{\nu_n(t)\,dt}{t^{p+2}} \text{ a une limite } k$$

dans le domaine Π, la détermination de $[1/\varphi(n)]\log f_n(z)$ égale à $c_0/\varphi(n)$ pour $z=0$ converge vers

$$(1) \qquad U(z)+iV(z) = -\int_{-0}^{A}\frac{dM(t)}{z+t}$$
$$-\int_{A}^{+\infty}\left[\frac{1}{z+t}-\frac{1}{t}+\frac{z}{t^2}+\ldots+(-1)^{p+1}\frac{z^p}{t^{p+1}}\right]dM(t)$$
$$+C_0+C_1z+\ldots+C_pz^p+(-1)^p\left[k-\int_{A}^{+\infty}\frac{dM(t)}{t^{p+2}}\right]z^{p+1}.$$

Réciproquement, la convergence de la détermination considérée de $[1/\varphi(n)]\log f_n(z)$ sur un ensemble de points ayant un point d'accumulation intérieur à Π entraîne que la condition 1° soit satisfaite et que (a) et (b) le soient quel que soit A réel positif tel que M soit continue pour $t=A$, de sorte qu'il y a convergence partout dans Π.

La connaissance de la fonction limite, holomorphe dans Π, détermine la fonction M et, en fonction de A, les constantes $C_0, \ldots, C_p$ et k. La fonction M, nulle pour $t<0$, et les constantes $B_0, \ldots, B_p$ sont déterminées simplement grâce à la formule

$$(2) \qquad \lim_{y\to+0}\int_{-t}^{-t_0}V(u+iy)\,du$$
$$=\pi\frac{M(t+0)+M(t-0)}{2}+\sum_{0}^{p}(-1)^q\frac{B_q}{q+1}[t^{q+1}-t_0^{q+1}]$$

où t_0 est un nombre négatif quelconque. $A_0, \ldots, A_p$ et k sont donnés ensuite par la formule (1).

β. Si l'on a les mêmes conditions que ci-dessus, avec, au lieu de (a), la condition (a') qui s'en déduit en remplaçant, pour $q=0$, c_0 par a_0, la fonction réelle $[1/\varphi(n)]\log|f_n(z)|$ converge en dehors de E vers une fonction harmonique $U(z)$ donnée par une formule $(1')$ qui se déduit de (1) en remplaçant C_0 par A_0. Cette formule définit en même temps, en dehors du segment $[-\infty, -l]$ de l'axe réel, une fonction $V(z)$ qui satisfait à une formule $(2')$ déduite de (2) en remplaçant B_0 par 0.

Réciproquement, la convergence de $[1/\varphi(n)]\log|f_n(z)|$ dans un domaine disjoint de E entraîne que la condition 1° soit satisfaite et que (a') et (b) le soient quel que soit A réel positif tel que M soit continue pour $t=A$, de sorte qu'il y a convergence partout en dehors de E. La connaissance de la fonction limite détermine la fonction M et, en fonction de A, les constantes $A_0, C_1, \ldots, C_p$

et k. La fonction $V(z)$ est d'abord déterminée à une constante près, la formule (2') donne M et les constantes $B_1, \ldots, B_p$, après quoi, $A_0, A_1, \ldots, A_p$ et k sont donnés par la formule (1').

II. Nous ajouterons les observations suivantes :

α. Si l'on suppose que $c_0, c_1, \ldots, c_p$, sont réels, on voit que la convergence de $[1/\varphi(n)]\log|f_n(z)|$ dans un domaine ou sur un segment de l'axe réel disjoints de E entraîne la convergence, partout dans Π, de la détermination réelle pour z réel positif de $[1/\varphi(n)]\log f_n(z)$.

Il en est de même de la convergence de $[1/\varphi(n)]\log|f_n(z)|$ sur un segment d'une demi-droite issue du point x_0 de l'axe réel et faisant avec Ox l'angle θ (de module $<\pi$) si $x_0 > -l$ et $|\theta| \neq (m\pi/2r)$ avec m entier impair et r entier $\leqq p+1$, ou bien $x_0 = l$ et $|\theta| < \pi/2(p+1)$.

$U(z)+iV(z)$ est la fonction holomorphe dans Π qui coïncide avec $U(z)$ pour z réel positif.

β. Ceci vaut en particulier si les $f_n(z)$ sont des quotients de produits canoniques de genre p, mais dans ce cas la convergence de $[1/\varphi(n)]\log|f_n(z)|$ sur un segment d'une demi-droite issue de O entraîne la convergence dans Π de la détermination considérée de $[1/\varphi(n)]\log f_n(z)$ s'il n'existe pas d'entier impair m tel que $|\theta| = m\pi/2(v+1)$, si $l>0$, ou tel que $m\pi/2(p+1) \leqq |\theta| \leqq m\pi/2p$, si $l=0$.

D'autre part la condition (a) peut être prise seulement pour $q=p$.

RELATIVITÉ. — *Définition covariante de la force.*
Note de M. **Olivier Costa de Beauregard.**

Considérons, avec les notations usuelles, les équations

$$\vec{\mathcal{F}}\,dt = d(m\vec{v}), \qquad \vec{\mathcal{F}}\,d\vec{M} \equiv dW \tag{1}$$

de la dynamique du point; par elles la trajectoire du point M est déterminée en fonction de M_0 et de $\vec{v}_0$. Définissons alors arbitrairement un vecteur $\vec{K}$ appliqué à M, fonction des mêmes arguments que $\vec{\mathcal{F}}$, puis une force $\vec{F}$ par la formule

$$\vec{K}\wedge\vec{v}+\vec{F}=\vec{\mathcal{F}}; \tag{2}$$

la trajectoire de M, sous l'action de $\vec{F}$ et de la *coforce* $\vec{K}$ que nous lui avons appliquées, reste la même que sous l'action de la force totale $\vec{\mathcal{F}}$. La force $\vec{K}\wedge\vec{v}$ ne travaillant pas, les (1) deviennent

$$(\vec{K}\wedge\vec{v}+\vec{F})\,dt = d(m\vec{v}), \qquad \vec{F}\,d\vec{M} = dW; \tag{3}$$

cette forme est invariante par les transformations de $\vec{K}$ et de $\vec{F}$ respectant l'égalité (2).

Contrairement aux (1), les (3) jouissent de la covariance relativiste. Posant $x^4 = ict$, $p^u = mv^u$, $p^4 \equiv icm = iW/c$, puis

$$(4) \qquad F^{uv} = K^w, \qquad F^{u4} = icF^u \qquad (u, v, w = 1, 2, 3),$$

elles se transcrivent en effet suivant

$$(5) \qquad F^{ij}\,dx_j = dp^i \qquad (i, j, k, l = 1, 2, 3, 4);$$

la trajectoire δ Univers étant donnée, le tenseur antisymétrique *force d'Univers* F^{ij} n'est défini qu'à un tenseur additif près tel que $F'^{ij}\,dx_j = 0$.

Cette définition est cohérente avec celle du quadrivecteur densité de force $f^i\left[f^4 = i(\vec{f}.\vec{v})/c\right]$. Soit en effet $ic\delta u^l$ le quadrivecteur dual de l'élément trilinéaire $[dx^i\,dx^j\,dx^k]$; nous relierons F^{ij} à f^i par la formule

$$(6) \qquad F^{ij} = \iiint (f^i\,\delta u^j - f^j\,\delta u^i),$$

qui, dans le cas où la gouttelette δu^i est considérée simultanément, donne $\vec{K} = 0$, $\vec{F} = \vec{f}\delta u$ $(\delta u = [dx^1\,dx^2\,dx^3])$.

La définition covariante de la force et l'introduction corrélative de la notion de *coforce* permettent d'escompter un progrès dans le traitement des problèmes de dynamique relativiste. Considérons par exemple un point matériel M soumis à la traction d'un fil qui, dans l'Univers, sera représenté par une courbe du genre espace; abstraction faite de son intensité, la force d'Univers appliquée à M par le fil ne peut être fonction que des deux quadrivecteurs n^i et $x'^i = dx^i/ds$ respectivement tangents en x^i au fil et à la trajectoire du point. Nous poserons alors

$$(7) \qquad F^{ij} = ic\lambda(n^i x'^j - n^j x'^i),$$

formule qui, $\vec{v}$ désignant la vitesse ordinaire du point et n la quantité n^4/ic, s'explicite suivant

$$\vec{K} = -\lambda\vec{n} \wedge \vec{v}x'^4, \qquad \vec{F} = \lambda(\vec{n} - n\vec{v})x'^4;$$

si le point est au repos, il vient, conformément à la notion classique de tension, $\vec{K} = 0$ et $\vec{F} = \vec{\lambda}n$.

Si m_0 désigne la masse propre du point, les quadrivecteurs p^i et x'^i sont reliés suivant $p^i = icm_0 x'^i$; introduisant le quadrivecteur *courbure d'Univers* $\rho^i \equiv x''^i$, la formule (5) peut s'écrire

$$(8) \qquad F^{ij} p_j = -m_0^2 c^2 \rho^i.$$

Abstraction faite de la relation cinématique existant entre les quadrivecteurs p^i et x'^i, la formule (5) relie univoquement au déplacement

virtuel d'Univers dx^i la variation d'impulsion masse dp^i, avec la conséquence $dx^i dp_i = 0$. Elle ne peut être inversée que si le déterminant $|F^{ij}|$ n'est pas nul; $\overline{F}^{ij}$ désignant le dual du tenseur F^{kl}, on a

$$4\sqrt{|F^{ij}|} = \overline{F}^{ij}\overline{F}_{ij}, \qquad 2\sqrt{|F^{ij}|} = ic(\vec{K}.\vec{F}).$$

Prenant une origine d'Univers arbitraire, et la sommation s'entendant par permutation circulaire, posons

$$(9) \qquad M^{ijk} = \frac{i}{c}\sum x^i F^{jk}, \qquad V^i = x_j F^{ij};$$

les trois M^{uv4} représentent le moment pondéromoteur génér alisé

$$\vec{M} = \vec{x} \wedge \vec{F} - t\vec{K},$$

et V^4/ic est le viriel de la force $\vec{F}$.

En électromagnétisme, Q désignant une charge ponctuelle, le tenseur $F_0^{ij} = QH^{ij}$ n'est pas égal au tenseur F^{ij} défini d'après (6); mais, compte tenu de la symétrie du tenseur $j^k dx^l$, on montre sans peine que $(F^{ij} - F_0^{ij})dx_j = 0$. On voit que la formule de Lorentz a la forme que prend nécessairement l'extension relativiste de la formule de Galilée-Newton.

UNITÉS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES. — *Simplification des équations aux dimensions des grandeurs électriques et magnétiques.* Note de M. **Marius Tarbouriech**, présentée par M. Albert Pérard.

Les équations aux dimensions des grandeurs électriques ou magnétiques, obtenues avec les symboles L, M, T, P (ce dernier réprésentant la perméabilité, choisie comme 4e grandeur fondamentale), ont des exposants fractionnaires (1re colonne du tableau ci-après).

M. Brylinski a montré [1] que l'on pouvait simplifier ces équations en introduisant le symbole Q, représentant la quantité d'électricité, au lieu de la masse M, ce qui donnerait des équations en Q, L, T, P (2e colonne).

Nous avons remarqué qu'on pouvait les simplifier encore en introduisant simultanément la résistance R et l'intensité I, au lieu de Q et P, ce qui donnerait des équations en R, I, T, L (3e colonne).

Cette solution conduirait à un système, applicable aux calculs de l'électrotechnique, où les unités fondamentales seraient l'*ohm*, l'*ampère*, la *seconde* et le *mètre* et qu'on pourrait appeler le système O. A. S. M., *dans l'ordre où l'on rencontre le plus fréquemment ces unités dans les formules de définition des grandeurs électriques ou magnétiques.*

(1) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 103.

Grandeurs.	Système classique en L, M, T, P.	Système en Q, L, T, P.	Système proposé en R, I, T, L.
Constante diélectrique	$L^{-2}T^{2}P^{-1}$	$L^{-2}T^{2}P^{-1}$	$R^{-1}TL^{-1}$
Perméabilité magnétique	P	P	RTL^{-1}
Capacité électrique	$L^{-1}T^{2}P^{-1}$	$L^{-1}T^{2}P^{-1}$	$R^{-1}T$
Résistance électrique	$LT^{-1}P$	$LT^{-1}P$	R
Coefficient d'induction	LP	LP	RT
Quantité d'électricité	$L^{1/2}M^{1/2}P^{-1/2}$	Q	IT
Intensité de courant	$L^{1/2}M^{1/2}T^{-1}P^{-1/2}$	QT^{-1}	I
Force électromotrice ou différence de potentiel	$L^{1/2}M^{3/2}T^{-2}P^{1/2}$	$QLT^{-2}P$	RI
Champ électrique	$L^{1/2}M^{1/2}T^{-2}P^{1/2}$	$QT^{-2}P$	RIL^{-1}
» magnétique	$L^{1/2}M^{-1/2}T^{-1}P^{-1/2}$	$QL^{-1}T^{-1}$	IL^{-1}
Induction magnétique	$L^{1/2}M^{-1/2}T^{-1}P^{1/2}$	$QL^{-1}T^{-1}P$	$RITL^{-2}$
Flux d'induction	$L^{1/2}M^{3/2}T^{-1}P^{1/2}$	$QLT^{-1}P$	RIT
Force magnétomotrice	$L^{1/2}M^{1/2}T^{-1}P^{-1/2}$	QT^{-1}	I
Longueur	L	L	L
Vitesse	LT^{-1}	LT^{-1}	LT^{-1}
Accélération	LT^{-2}	LT^{-2}	LT^{-2}
Masse	M	$Q^{2}L^{-1}P$	$RI^{2}T^{3}L^{-2}$
Force	LMT^{-2}	$Q^{2}T^{-2}P$	$RI^{2}TL^{-1}$
Pression	$LM^{-1}T^{-2}$	$Q^{2}L^{-2}T^{-2}P$	$RI^{2}TL^{-3}$
Puissance	$LM^{2}T^{-3}$	$Q^{2}LT^{-3}P$	RI^{2}
Énergie	$LM^{2}T^{-2}$	$Q^{2}LT^{-2}P$	$RI^{2}T$

Les principaux avantages du système O. A. S. M. seraient les suivants :

1° Emploi des deux unités fondamentales *ohm* et *ampère* ayant servi de base à la définition des autres unités du système pratique;

2° Toutes les unités fondamentales ne comporteraient aucun préfixe;

3° Les symboles R, I, T, L sont familiers en électrotechnique;

4° Analogie souvent frappante entre les équations aux dimensions et les formules de définition des unités dérivées;

5° Réduction très importante du nombre de signes employés et suppression des exposants fractionnaires;

6° Reconnaissance immédiate de la catégorie à laquelle appartient la grandeur considérée :

a. Elle contient R, sans I. C'est une *constante physique* des circuits (1re partie du tableau);

b. Elle contient I avec l'exposant 1. C'est une *grandeur électrique ou magnétique* (2e partie du tableau).

c. Elle ne contient ni R, ni I. C'est une grandeur mécanique de la *cinématique* (3e partie du tableau).

d. Elle contient RI^2. C'est une grandeur mécanique de la *dynamique* ou de la *statique* (4e partie du tableau).

7° Il n'y aurait pas besoin de changer les unités fondamentales le jour où le système M.K.S. serait rationalisé. On sait que, dans ce cas, la perméabilité du vide deviendrait $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ au lieu de $\mu_0 = 10^{-7}$.

8° Ce système unique, identique au système M.K.S., représente, comme lui, tous les phénomènes électromagnétiques ou électrostatiques.

Remarque: — Il est bien entendu que, pour les problèmes de mécanique pure, il convient de conserver les symboles classiques L, M, T.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du bore cristallisé pur et mesure de sa dureté.* Note (1) de MM. **Marcel Formstecher** et **Eugène Ryskevic**, présentée par M. Louis Hackspill.

Connu depuis 1808 par les travaux de Gay-Lussac, Thénard et David, le bore n'a été obtenu à l'état pur que 100 ans plus tard par Weintraub (2), qui a utilisé la réduction du trichlorure de bore par l'hydrogène dans l'arc électrique. Mais, aussi bien que les autres savants qui ont préparé du bore pur, tels que Kroll (3), Meyer et Zappner (4), Warth (5), Kahlenberg (6), van Arkel (7), il n'a obtenu qu'un produit terne, considéré par eux comme amorphe. Le prétendu *bore cristallisé* de Wöhler et Sainte-Claire Deville (8) étant constitué soit par du borure d'aluminium AlB^{12}, soit par un borocarbure $B^{44}C^2Al^3$ ou $3AlB^{12}.2B^4C$, Hackspill (9) et ses collaborateurs Stieber et Hocart (10) et dernièrement Cueilleron (11) ont réussi à démontrer, à l'aide du spectre de rayons X, que le bore pur obtenu par eux sous forme de baguettes était cristallisé, bien que sous le microscope on ne puisse déceler des cristaux bien nets.

Nous avons préparé du bore cristallisé sous forme de baguettes cylindriques titrant plus de 99 % de bore, en faisant passer de façon continue un mélange d'hydrogène et de vapeur de tribromure de bore sur un filament de tungstène, ou mieux de molybdène, de 0^{mm^3} chauffé électriquement entre 1250 et 1400° C. dans un tube de quartz. Pour une tension de 8-10 volts, l'intensité croît pendant l'essai de 10 à 16 ampères environ, le grossissement rapide de la baguette de bore nécessitant un fréquent réglage pour maintenir la température désirée. Avec une puissance

---

(1) Séance du 10 septembre 1945.

(2) *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **16**, 1909, p. 165; *J. Ind. Chem.*, 5, 1911, p. 299; *ibid.*, 5, 1913, p. 106.

(3) *Dissertation T. H.*, Berlin, 1917.

(4) *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, 1921, p. 550.

(5) *Bull. Maryl. Acad. Sci.*, 3, 1923, p. 8; *Chem. Abstr.*, **17**, 1923, p. 3116.

(6) *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **47**, 1925, p. 23.

(7) *Chem. Zentralblatt*, I, 1927, p. 1880.

(8) *Ann. Phys. et Chim.*, 3e série, **52**, 1858, p. 63.

(9) *Helv. Chim. Acta*, **16**, 1933, p. 1110.

(10) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 776.

(11) *Ann. de Chim.*, **19**, 1944, p. 459.

de 120 watts en moyenne on obtient de 80 à 100^{mg} de bore à l'heure. L'essai le plus long a donné 1225^{mg} en 14 heures, mais il semble qu'on puisse prolonger l'expérience, à condition d'éviter toute interruption de nature à provoquer la rupture du filament. En condensant les vapeurs de tribromure non décomposé, on n'a que des pertes négligeables.

Déjà Mayer et Zappner [4] et van Arkel [7] avaient employé le tribromure de bore de préférence au trichlorure, parce que sa dissociation thermique se produit plus facilement. Nous avons pu confirmer les avantages du tribromure de bore sur le trichlorure, sa réduction par l'hydrogène ayant lieu à une température bien inférieure et donnant un produit plus nettement cristallisé.

Nous avons reconnu que le carbure de bore B^4C [formule adoptée depuis les travaux de Ridgway [12] et Laves [13]] peut être transformé, avec facilité, en bromure, au rouge sombre, dans un appareil analogue à celui de Meyer et Zappner [4], en laissant un résidu de carbone pulvérulent. Le carbure de bore est beaucoup plus pur que le bore de Moissan servant d'habitude à la préparation du bromure. On peut préparer le carbure facilement au laboratoire dans un four électrique à résistance, à partir d'un mélange d'anhydride borique et de noir de fumée.

Le bore a pu être séparé du noyau de molybdène à l'aide d'un mélange d'acide azotique dilué et d'eau oxygénée à 30 %, suivi d'un lavage à la soude caustique, puis à l'alcool, et d'un séchage à 80° C. Le molybdène se dissout complètement, sans que le bore soit altéré. Les surfaces des cristaux observés sous la loupe gardent tout leur éclat. L'examen spectroscopique du bore ainsi traité a démontré que la teneur en molybdène avait été ramenée à moins de 0,0045 %, quantité non dosable par voie chimique. Pour cette raison le molybdène est préférable au tungstène plus réfractaire au traitement à l'acide.

L'analyse chimique du bore ainsi séparé du noyau de molybdène a été faite après attaque par un mélange de 95 % de carbonate de soude et de potasse en quantité équivalentes et de 5 % de peroxyde de sodium.

Deux échantillons ont donné 99,2 et 99,7 % de bore. Nous n'avons pas trouvé d'impuretés dosables.

Le bore obtenu par nous montre, sous une loupe à faible grossissement, des cristaux noirâtres atteignant jusqu'à 0^{mm},22 de grosseur, d'une densité à 20°C. de 2.34 $\pm$ 0,01, très brillants et ayant une dureté de 5000 kg/mm^2 en unités Vickers qui dépasse celle du carborundum SiC. Ces cristaux sont encore trop petits pour déterminer avec certitude le système cristallographique auquel ils appartiennent. Toutefois ils présentent souvent des

---

(12) *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, 66, 1935, p. 117.
(13) *Nachr. v. d. Ges. d. Wiss. Göttingen, Math. phys. Kl. Fachgr.*, IV, 1, 1934, IV.

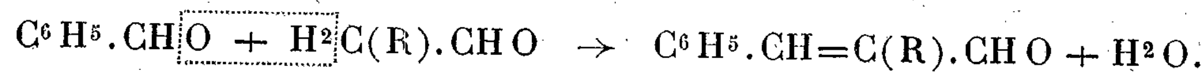
faces rectangulaires et parfois même des parallélépipèdes à section plus ou moins carrée présentant le dispositif de marches d'escalier.

La dureté a été mesurée par la méthode microscopique selon Hanemann et Bernhardt ([14]). Une petite pyramide en diamant, sertie au centre de l'objectif du microscope, s'appuie sur la surface, polie, du corps à examiner, sous l'effet d'une charge connue et variable (par exemple 50 ou 100^g pour des corps très durs). De la surface de l'empreinte ainsi obtenue, mesurée au microscope, et de la charge appliquée pour produire cette empreinte, on calcule la dureté en unités Vickers kg/mm^2. A titre comparatif mentionnons la dureté du saphir blanc : 3000 kg/mm^2, du carborundum. 4200 kg/mm^2, du bore : 5000 kg/mm^2 et du carbure de bore : 7000 kg/mm^2:

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des benzylcyclanols par action de la potasse benzylique sur les cyclanones.* Note de MM. **Pierre Mastagli, Antoine Charreire** et Mlle **Paulette Lambert**, présentée par M. Marcel Délépine.

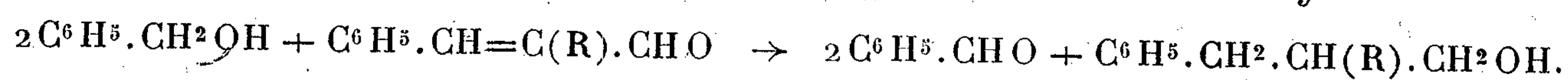
L'un de nous, en collaboration avec L. Palfray et S. Sabetay ([1]), a montré que la potasse benzylique exerçait une influence réductrice et condensatrice sur les aldéhydes aliphatiques, si bien qu'à partir d'un aldéhyde linéaire de formule générale $R.CH^2.CHO$, on obtient toujours une condensation du radical benzyle et une réduction de la fonction aldéhyde, pour aboutir aux alcools de forme $C^6H^5.CH^2.CH(R).CH^2OH$.

Cette condensation se fait par l'intermédiaire de l'aldéhyde benzoïque qui prend naissance au cours de la réaction :



$$C^6H^5.CH\boxed{O + H^2}C(R).CHO \rightarrow C^6H^5.CH{=}C(R).CHO + H^2O.$$

La double réduction de la liaison éthénique ainsi créée et de la fonction aldéhyde ne s'effectue que plus tard, pour aboutir à un alcool saturé. Elle se fait aux dépens de l'alcool benzylique, qui passe à l'état d'aldéhyde :



$$2C^6H^5.CH^2OH + C^6H^5.CH{=}C(R).CHO \rightarrow 2C^6H^5.CHO + C^6H^5.CH^2.CH(R).CH^2OH.$$

L'aldéhyde formé disparaît pour donner, par la réaction de Cannizzaro, de l'acide benzoïque et de l'alcool benzylique :



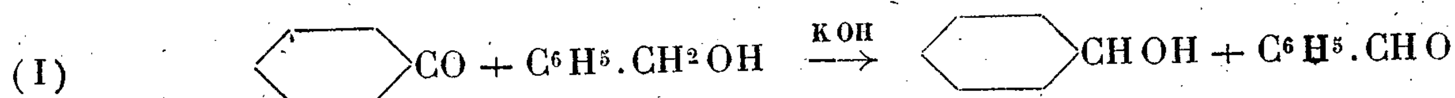
$$2C^6H^5.CHO + KOH \rightarrow C^6H^5.COOK + C^6H^5.CH^2OH.$$

L'action de la potasse benzylique sur les cyclanones semble conduire au même cycle de réactions, car on remarque les mêmes phénomènes de condensation et de réduction, si bien qu'on aboutit à des cyclanols mono- et dibenzylés.

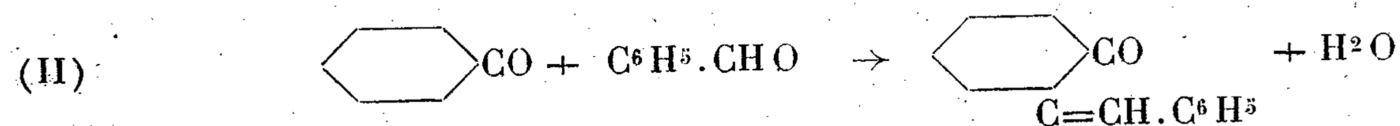
([14]) *Zeits. Metallkunde*, 32, 1940, p. 35.

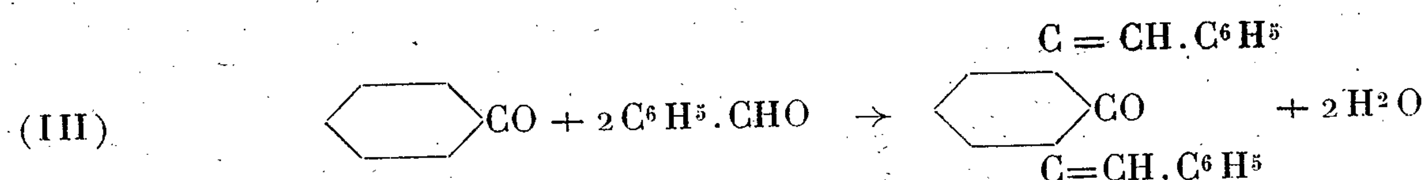
([1]) L. Palfray, S. Sabetay et P. Mastagli, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1523.

Prenons l'exemple de la cyclohexanone; il y a d'abord en très faible proportion un simple échange fonctionnel :

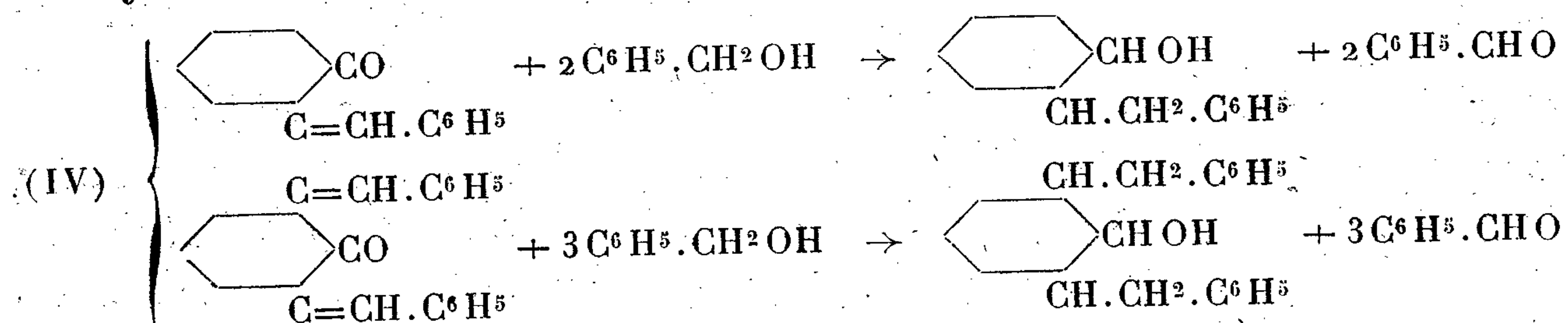


Puis par aldolisation, suivie de crotonisation, de l'aldéhyde benzoïque sur la cétone en excès, on obtient la monobenzylidène et la dibenzylidène cyclohexanone :





La réduction des liaisons éthyléniques et de la fonction cétone conduit au benzyl-2 et au dibenzyl, 2-6 cyclohexanols.



Pour aboutir au terme cyclohexanol, une ébullition d'une heure entière à 200-202° est nécessaire; mais, si l'on arrête la réaction après 5 minutes, on isole alors aisément la monobenzylidène ainsi que la dibenzylidène cyclohexanone. Et ceci nous garantit que les équations (II), (III) et (IV) sont des étapes de la réaction.

En plus des alcools correspondant aux cétones mises en œuvre, voici les produits de condensation obtenus et les constantes observées après cristallisation dans l'éther de pétrole léger (É 50-70°) :

A partir de la cyclohexanone.

a. Benzyl-2 cyclohexanol ([2])	$É_{11}$ 153-155°	F 77°
b. Dibenzyl-2.6 cyclohexanol ([3])	$É_{11}$ 240-245°	F 124°

A partir de la méthyl-2 cyclohexanone.

Méthyl-2 benzyl-6 cyclohexanol	$É_{14}$ 174-176°	F 96°

A partir de la méthyl-4 cyclohexanone.

a. Méthyl-4 benzyl-2 cyclohexanol	$É_{12}$ 161-165°	F 81°
b. Méthyl-4 dibenzyl-2.6 cyclohexanol	$É_{12}$ 237-242°	F 156°

([2]) J. W. Cook, C. L. Hewett et C. A. Lawrence (*J. Chem. Soc.*, 1936, p. 75) indiquent F 76°,5-77°,5.

([3]) R. Cornubert, M. André et M. de Demo (*Bull. Soc. Chim*, 6, 1939, p. 122) donnent F 123°.

A partir du camphre.

Benzyl-bornéol .... E_7 172°

Liquide visqueux qui, par oxydation, fournit le benzyl-camphre dont l'oxime F 128° est bien connue ([4]).

A partir de la cyclopentanone.

Dibenzyl-2.5 cyclopentanol ([5]).................... $É_{10}$ 210-215° F 127°

Nous nous proposons de compléter ces résultats en les étendant aux cétones linéaires et en étudiant l'action de l'alcool benzylique en présence de baryte sur les aldéhydes et les cétones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cryoscopie dans le p-azoxyanisol.* Note ([1]) de M. **Georges Dupont** et Mme **Odette Lozac'h**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des tentatives ont été faites en vue d'utiliser le passage de la phase nématique à la phase liquide isotrope des corps mésomorphes pour la détermination des poids moléculaires. Auwers et Smith ([2]), en particulier, ayant trouvé, pour le *p*-azoxyanisol à des concentrations de l'ordre de 1 %, des abaissements moléculaires du point de transformation variant entre 480 et 830, ont rejeté la méthode comme inapplicable.

De Cock ([3]) a montré, de son côté, avec le *p*-azoxyanisol, que, lorsque la phase nématique est en équilibre avec une solution isotrope de concentration c_1, elle est, elle-même, une solution de concentration c_2. L'abaissement Δt du point de transformation est alors donné par la formule de Rothmund ([4])

$$\Delta t = \frac{0{,}02\,T^2}{L}(c_1 - c_2). \tag{1}$$

L'abaissement moléculaire $K_e = \Delta T/c_1 M$ peut donc différer largement de la constante de van't Hoff ($K = 0{,}02\,T^2/L$), à laquelle il est lié par la relation

$$K_e = K\,\frac{c_1 - c_2}{c_1}.$$

([4]) A. Haller (*Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 127), par chauffage en tube scellé du camphre avec le benzylate de sodium, a obtenu du benzyl camphre. Le benzylate de potassium ne nous a fourni, au contraire, que du benzyl bornéol.

([5]) R. Cornubert, M. André et M. de Demo (*Bull. Soc. Chim.*, **6**, 1939, p. 133) ont obtenu F 127°.

([1]) Séance du 19 novembre 1945.

([2]) *Zeits. für Phys. Chem.*, **32**, 1900, p. 58.

([3]) *Ibid.*, **48**, 1904, p. 129.

([4]) *Ibid.*, **24**, 1898, p. 705.

Nous avons cru utile de reprendre ces déterminations en nous efforçant d'accroître la précision des mesures et d'obtenir les valeurs limites. Nos résultats, rassemblés dans le tableau ci-dessous, montrent que les abaissements moléculaires sont généralement très variables avec la concentration et que, pour une même concentration de 1,2 %, on retrouve, pour les divers corps dissous, les différences considérables signalées par Auwers (414 à 783).

Mais, par contre, *les valeurs limites* K_e, *calculées par extrapolation, sont, pour les* 5 *premiers corps étudiés, les mêmes aux erreurs d'expériences près* ($K_e = 800 \pm 20$).

Corps dissous.	Concentration c (%).	Δt (°).	$\frac{\Delta t}{c}$.	K_e.
Acide benzoïque......	limite	–	6,4	782
(M = 122)	0,405	2,15	5,3	646
	0,865	3,60	4,16	508
	1,225	4,25	3,38	414
Naphtol.............	limite	–	5,7	821
(M = 144)	0,465	2,40	5,16	745
	0,802	3,75	4,68	675
	1,010	4,50	4,45	640
Benzophénone........	limite	–	4,5	819
(M = 182)	0,260	1,12	4,3	–
	0,410	1,72	4,2	748
	0,580	2,30	3,96	726
	0,706	2,60	3,68	670
	1,000	4,0	4,0	730
	1,280	5,65	4,31	783
$C^6H^5-CO-CH^2OH$...	limite	–	5,80	790
(M = 136)	0,587	2,70	4,65	632
	0,820	3,50	4,25	578
	0,940	3,75	4,0	544
Phénanthrène.........	limite	–	4,44	790
(M = 178)	0,745	2,70	3,62	642
	0,882	3,06	3,46	615
	1,020	3,50	3,33	591
Triphénylméthane.....	limite	–	6,4	1560
(M = 244)	0,476	2,68	5,64	–
	0,833	3,94	4,73	–
	1,226	5,50	4,49	1093

Notons en passant que, de ces résultats, il faut conclure que le coefficient de partage c_2/c_1 du corps dissous entre la phase nématique et la phase liquide est généralement indépendant de la nature du corps dissous pour les très faibles concentrations.

Notons aussi que le triphénylméthane donne un chiffre limite sensiblement double; ici, comme d'ailleurs pour la cryoscopie ordinaire, des anomalies existent, dont il sera toujours prudent de se méfier.

Sur ces résultats, nous avons établi une méthode microscopique qui nous paraît susceptible de rendre de grands services.

En principe cette méthode sera voisine de celle décrite par Rast (5) pour le camphre : après pesée des corps, dans un très petit tube, à la microbalance, la dissolution est faite par fusion, agitation et brusque refroidissement; une parcelle est introduite dans un tube capillaire, qui est scellé puis fixé, avec un tube identique contenant le solvant pur, au réservoir d'un thermomètre au 1/20. On opérera ensuite comme pour une détermination ordinaire du point de fusion.

Mais la détermination du point de transformation est plus aisée et beaucoup plus précise que celle d'un point de fusion : la phase nématique est caractérisée par une opalescence qui disparaît de façon très nette au moment où la température dépasse le point de transformation et reparaît sans retard par refroidissement. Il est donc possible, ici, de reprendre plusieurs fois les déterminations dans les deux sens, jusqu'à ce qu'elles coïncident à 0°,1 près. Il faudra, en général, 3 déterminations à des concentrations différentes, exigeant, au total, 5^{dg} de solvant et 5^{mg} du corps à étudier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de nouvelles isonitroso-cétones.* Note de M. **Pierre Fréon**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les isonitroso-cétones connues jusqu'ici sont presque toutes des monoximes de dicétones, R.C.(=NOH).CO.R′, et non d'aldéhydes-cétones, R.CO.CH=NOH.

En effet la nitrosation directe de cétones du type $R.CH^2.CO.CH^3$, par divers agents de nitrosation, porte toujours sur le groupement CH^2 voisin de la fonction cétone, de préférence à l'atome de carbone en bout de chaîne, conduisant ainsi aux isonitroso-cétones du type $R.C(=NOH).CO.CH^3$.

D'autre part la nitrosation et le dédoublement de l'acétylacétate d'éthyle et de ses homologues α-substitués, $CH^3.CO.CH^2.CO^2.C^2H^5$ et $CH^3.CO.CH(R).CO^2C^2H^5$, conduit aussi à des isonitroso-cétones $CH^3.CO.CH{=}NOH$ et $CH^3.CO.CR{=}NOH$, le premier terme, l'isonitroso-acétone, étant seul une oxime d'aldéhyde.

Par nitrosation et dédoublement des esters β-cétoniques à chaîne linéaire $R.CO.CH^2.CO^2.C^2H^5$, nous avons obtenu des isonitroso-cétones du type général R.CO.CH=NOH, dont on ne connaissait jusqu'ici que le premier terme.

Caproyl-acétate d'éthyle. — Ce composé a été préparé par la méthode de Moureu et Delange (1), à partir de l'octynoate de méthyle.

(5) *Ber. d. chem. Ges.*, 55, 1922, pp. 1051, 3727.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 29, 1903, p. 666.

Nous l'avons nitrosé de la façon suivante : 62g de caproyl-acétate d'éthyle, fraîchement distillés, sont dissous dans 770cm³ d'eau, avec 22g de potasse caustique, en agitant quelques minutes. Après 24 heures environ, on extrait à l'éther pour enlever un peu de méthyl-amyl-cétone, puis on ajoute 26g,6 de nitrite de sodium dissous dans 80cm³ d'eau. On acidifie par de l'acide sulfurique à 20 %, en refroissant vers + 1 à + 3°. L'extraction à l'éther donne un produit solide qu'on essore après un refroidissement énergique. Il se sépare ainsi un peu d'huile constituée, en majeure partie, par de la méthyl-aryl-cétone dont il est difficile d'éviter la formation. Après cristallisation dans l'éther de pétrole additionné d'un peu d'éther, le produit solide fond à 39°.

Les analyses correspondent à la formule $C^7H^{13}O^2N$, et l'on peut obtenir les dérivés de la fonction cétone : oxime (F 122-123°), semicarbazone (F 174°,5).

D'autre part le produit obtenu diffère bien de l'isonitroso-cétone $C^4H^9.C(=NOH).CO.CH^3$, que nous avons préparée en nitrosant la méthyl-amyl-cétone, au moyen du nitrite d'éthyle. En effet ce dernier corps fond à 58°, et le mélange des deux produits est liquide à la température ordinaire.

On est donc bien en présence de l'isonitroso-cétone $C^5H^{11}.CO.CH=NOH$, et le rendement, qui est couramment de 50 à 60 %, peut atteindre 85 à 90 % quand on part d'un caproyl-acétate d'éthyle venant d'être distillé.

Œnanthoyl-acétate d'éthyle. — Préparé par la même méthode, à partir du nonynoate de méthyle, ce composé a été nitrosé dans les mêmes conditions que précédemment. Après extraction à l'éther et expulsion de ce solvant, en terminant dans le vide, on obtient une huile qui ne cristallise pas à — 18°. Elle est vraisemblablement formée d'un mélange de l'isonitroso-cétone prévue et de méthyl-hexyl-cétone, qui se forme toujours dans la réaction. Sa teneur en azote est de 7,3 % (calculé, pour l'oxime $C^6H^{13}.CO.CH=NOH$, 8,92 %). En admettant que toutes les impuretés soient des produits non azotés, ce chiffre correspond à une teneur de 80 % en produit pur et le rendement, compte tenu de cette proportion, serait de 70 %.

Purification. — La distillation étant impossible sans décomposition, nous avons dissous le produit brut dans un léger excès d'une solution aqueuse de soude caustique à 10 %. Après agitation mécanique pendant une heure, et un repos d'une nuit, la solution est extraite plusieurs fois à l'éther. On enlève ainsi un peu de méthylhexylcétone, correspondant à un rendement de 5 à 6 % environ, et un peu d'une résine indistillable.

En acidifiant par l'acide sulfurique à 20 % (en refroidissant en dessous de + 5°), puis en extrayant à l'éther, on obtient un nouveau produit huileux, mais qui, cette fois, cristallise et fond entre + 13 et + 15°. La teneur en azote (8 %) correspond à un produit renfermant 90 % de l'oxime prévue. Le rendement, compte tenu de ce pourcentage, est de 50 %.

Ce produit brut donne, avec de bons rendements, les dérivés attendus,

oxime et semicarbazone, dont les points de fusion sont respectivement de 123-124° et 167°,5.

Dans le but d'isoler cependant l'isonitrosocétone pure, nous avons fait recristalliser le produit fondant à +13-15°. Cette opération ne s'effectue qu'avec de mauvais rendements, en raison du bas point de fusion, et de la grande solubilité de ce produit dans tous les solvants organiques usuels. Nous avons pu cependant, après plusieurs cristallisations dans l'éther de pétrole additionné de très petites quantités d'éther, obtenir l'isonitrosocétone pratiquement pure (8,81 % d'azote). Son point de fusion est alors de 24°.

Nous nous proposons de poursuivre ces travaux, tant pour la préparation d'autres isonitrosocétones, en série grasse ou aromatique, que pour l'emploi de ces isonitrosocétones à diverses synthèses.

PÉDOLOGIE. — *Observations sur les sols de l'Anjou.*
Note de M. **Georges Aubert**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les sols des environs d'Angers présentent, dans un rayon de 50^{km} autour de cette ville, les types les plus différents depuis les sols bruns jusqu'aux podzols humiques. Les roches qui affleurent dans cette région sont elles-mêmes très variées : schistes à produits de décomposition, les uns très argileux, les autres plus graveleux, grès, sables, argiles à meulières, limons, marnes et calcaires, granite. En même temps les conditions climatiques varient profondément d'un point à un autre; la pluviométrie annuelle, voisine de 600^{mm} à Angers, passe à 700^{mm} à Saumur.

A Angers, les sols, formés surtout sur schistes, sont caractérisés par la grande homogénéité de leur profil. Ce sont des sols bruns. On les observe par exemple aux Gaubourgs, à 3^{km} de la ville, sur schistes précambriens assez argileux. Épais de 60 à 80^{cm}, ils ne comportent qu'un seul horizon, un peu plus humifère, seulement, à son sommet.

Même sur les sables siliceux assez grossiers du Sénonien, les processus de podzolisation peuvent être peu accentués. Au moulin des Enréculés, à 2^{km} Nord-Ouest de Gennes-sur-Loire, il n'existe qu'un sol lessivé. Sur ce plateau autrefois boisé (les bois de Saint-Georges-des-Sept-Voies ne sont qu'à quelques centaines de mètres), mais actuellement cultivé, l'horizon d'accumulation du sol est très peu épais, presque réduit à une simple ligne plus riche en fer.

Sur des sables très semblables, dans les bois de Coutures et de Saint-Saturnin, entre Gennes et Angers, le sol est du type légèrement podzolique.

A la sortie Est de Baugé, ces mêmes sables ont donné naissance, dans une zone actuellement déboisée, à un podzol présentant un alios peu développé, en dessous d'un horizon à structure cendreuse très caractéristique. Plus à l'Est, aux approches de Saumur, la podzolisation est plus accentuée. Ainsi, à Vernantes, au nord de cette ville, le sol formé sur ces sables et sous bois de pins

maritimes, chênes sessiles et châtaigniers surmontant des bruyères (*Erica Cinerea* et *Calluna vulgaris*) et des fougères (*Pteris Aquilina*), est un podzol humique. Son horizon d'accumulation humique présente une épaisseur de 15^{cm} sous un horizon cendreux de près de 20^{cm}. En dessous apparaissent quelques concrétions d'alios humoferrique.

Une autre roche mère assez répandue dans cette région est le grès armoricain. Il a donné naissance, à Bécon-les-Granite, à l'ouest d'Angers, à un sol podzolique; à Angers même (étang de Saint-Nicolas) et plus au Sud-Est, sur la route de Quincé-Brissac, à un sol légèrement podzolique.

Sur les limons des plateaux se sont formés, à quelques kilomètres à l'ouest de Gennes-sur-Loire, un sol brun légèrement lessivé aux horizons peu différents les uns des autres et, plus au sud, entre Maulévrier et Les Gardes, à la Marcellière de Chemillé, un sol lessivé, où la podzolisation, faible encore, est cependant plus nette.

Dans le tableau ci-contre nous avons comparé la pluviométrie annuelle aux différents points dont les sols viennent d'être indiqués : pour une même roche mère, le degré de podzolisation croît dans le même sens que l'importance des pluies.

Nous avons montré précédemment, avec S. Hénin (¹), qu'un classement des différents types de sols suivant leur mode d'évolution peut être obtenu d'après la valeur de leur drainage D, calculé en fonction de la pluviométrie annuelle P, et de la température moyenne selon la formule $D = \gamma P^3/(1 + \gamma P^2)$, où $\gamma = 1/(0,15\,T - 0,13)$. La valeur de γ ainsi obtenue n'est valable que pour des sols de perméabilité moyenne. Pour des sols très perméables, il doit être affecté d'un coefficient compris entre 1 et 2 (¹).

Enfin l'étude systématique de ce drainage dans les divers types de sols aux différents points du globe nous a permis de montrer que la podzolisation ne se développe dans un sol que pour un drainage calculé supérieur à 200^{mm} (¹).

En résumant nos nouvelles observations, nous obtenons le tableau ci-après (²) :

Ainsi, de même que les données climatiques générales permettent d'expliquer la répartition des grands types de sols à la surface du globe, de même les caractères des microclimats locaux peuvent servir de base à la classification détaillée de ceux que l'on observe en une région, même peu étendue. Ce microclimat est l'un des facteurs essentiels de la formation et de l'évolution des sols en chaque point. Il peut être caractérisé par la valeur qu'y prend le drainage, calculé en fonction de la pluviométrie annuelle et de la température moyenne en ce lieu, ainsi que de la perméabilité de la roche mère du sol.

(¹) Cf. *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 330.

(²) La pluviométrie annuelle adoptée ici est la moyenne de 1891 à 1930. Dans toute la région étudiée, la température moyenne reste assez constante et voisine de 11°,8. Tous ces renseignements climatiques nous ont été aimablement fournis par M. Sanson.

Emplacement.	Pluviométrie annuelle (mm).	Drainage (mm) calculé.	Drainage (mm) des sols sableux.	Sols sur sables siliceux.	Sols sur grès.	Sols sur limon.	Sols sur schistes.
Gennes-sur-Loire	561	90	155	Sol lessivé	–	Sol brun légerem^nt lessivé	–
Angers	620	128	192	–	Sol légèr^nt podzolisé	–	Sol brun
Chemillé, Les Gardes	660	140	–	–	–	Sol lessivé	–
Chemillé, Maulévrier	676	147	–	–	–	Sol lessivé	–
Baugé	678	148	243	Podzol	–	–	–
Bécon-les-Granites	690	155	253	–	Sol podzolique	–	–
Vernantes (Saumur)	701	160	261	Podzol humique	–	–	–

L'intensité de la podzolisation est liée, dans un sol, à celle de son drainage. Elle n'est importante que si ce dernier est supérieur à 190 ou 200^{mm}.

GÉOLOGIE. — *Un argument décisif contre la théorie des translations continentales.* Note de MM. **Alexandre Dauvillier** et **Pierre Henry**.

On sait que les géologues sont partagés par deux grandes doctrines fondamentalement opposées : la théorie de la permanence des bassins océaniques et celle des translations continentales, développée par Taylor, puis par A. Wegener. Cette dernière offre une si facile interprétation de maints phénomènes paléogéographiques et paléoclimatiques qu'elle est encore défendue par de nombreux partisans.

Pour le géophysicien, l'hypothèse des translations continentales paraît insoutenable à de multiples points de vue et, s'il pouvait être établi que certains traits fondamentaux de la face de la Terre ont subsisté inchangés, durant toutes les périodes géologiques, par exemple, sous un aspect géométrique caractéristique, cette théorie serait définitivement ruinée.

Or J. E. Spurr [1] a montré, en 1923, que les gîtes américains d'argent se plaçaient d'une manière remarquable sur un grand cercle orienté du nord-ouest au sud-est, partant des Montagnes Bleues, sur le littoral occidental de l'Amérique du Nord, et aboutissant au Rio de la Plata, dans l'Amérique du Sud. Cette ligne, longue de plus de 10000^{km}, traverse l'océan Pacifique à l'ouest de l'isthme de Panama, par des fonds de plus de 4000^{m}, des chaînes de montagnes et des contrées d'âge et de nature géologiques les plus divers. Elle ne se révèle par aucun signe extérieur. Elle marque donc le lieu d'une immense

[1] *The Ore Magmas*, 2 vol., 915 p., New-York, 1923.

fracture, profonde et rectiligne, de la croûte terrestre, ayant donné issue aux émanations qui ont constitué les gîtes argentifères.

Cette faille, qui possède donc un caractère primitif, est antérieure aux âges géologiques et apparaît comme une fissure radiale, provoquée par le refroidissement de la croûte durant l'ère cosmique.

Elle est analogue aux fractures encore visibles sur la Lune et aux canaux de Mars, et elle fournit aussi un nouvel argument en faveur de l'hypothèse présentée par l'un de nous ([2]) attribuant le relief fondamental du Globe (bassins océaniques, fosses méditerranéennes, guirlandes) à un mécanisme identique à celui ayant donné naissance au relief lunaire.

La conservation d'un tel alignement à travers tous les âges géologiques est incompatible avec toute dérive partielle des aires continentales, même de très faible amplitude, et confirme définitivement la théorie de la permanence des grands traits de la face de la Terre.

GÉOLOGIE. — *Les rivières de l'Argonne au quaternaire.*
Note de M. **Robert Tilloy**, présentée par M. Charles Jacob.

Trois bassins hydrographiques se partagent la région d'Argonne (feuilles de Bar-le-Duc, Verdun, Mézières) : 1° La Meuse et son affluent de rive gauche la Bar; 2° l'Aisne, qui coule à la limite ouest du massif gaizeux d'Argonne, reçoit sur sa rive gauche quelques petits affluents et sur sa rive droite l'Aire. Cette dernière longe le versant est de l'Argonne, qu'elle traverse brusquement à la latitude de Grandpré; 3° la Marne, qui ne nous intéresse que par son affluent de rive droite, la Saulx, grossie de l'Ornain, de la Chée et de la Vière. Ces rivières, dans la partie inférieure de leurs cours, coulent dans une large plaine alluviale commune.

L'étude de l'Aisne, de l'Aire et de leurs rapports avec les terrasses fait apparaître des anomalies : *a.* l'Aisne, de sa source à Sainte-Ménehould, coule dans une large plaine alluviale dont presque toutes les hauteurs environnantes sont coiffées de terrasses très largement étendues. Plus en aval, ces dépôts fluviatiles perdent de l'importance et finissent par disparaître complètement. Dans la région du Perthois, l'Aisne et son affluent l'Ante ne sont séparés des bassins de la Chée et de la Vière que par de faibles ondulations de terrains couronnées de terrasses; *b.* l'Aire, en amont de Clermont, ne possède pas de terrasses; celles-ci apparaissent en aval et prennent de plus en plus d'ampleur, pour cesser brusquement d'accompagner l'Aire, lorsque celle-ci franchit l'Argonne, et se prolonger par contre vers le Nord, gagner la vallée de la Bar et finalement se raccorder aux alluvions meusiennes.

([2]) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 452.

Deux hypothèses peuvent expliquer ces anomalies : 1° l'Aire se jetait primitivement dans la Meuse et fut captée par la suite par l'Aisne actuelle au niveau de Grandpré (idée émise par Davis, 1895). Son cours se reconstitue facilement grâce aux anciennes terrasses, et son ancienne vallée est empruntée par la Bar d'une part, par l'Agron d'autre part. La vallée de la Bar, très large, est disproportionnée au faible débit de cette rivière. Il est curieux de noter que, encore actuellement, l'Agron est relié à la Bar par une série de canaux artificiels et naturels (région de Buzancy). 2° Dans la région située à la bordure sud-ouest de l'Argonne, coulait, du *Nord vers le Sud*, une rivière qui se jetait dans la Marne et qui a laissé les alluvions attribuées à tort à l'Aisne et à l'Ante. L'Aisne, telle que nous la connaissons actuellement, n'aurait pris naissance que plus tard, à la fin du Quaternaire. Vers le Sud les terrasses anciennes s'emboîtent dans celles de la Chée et de la Vière et conduisent naturellement à la Marne.

Les profils actuels de l'Aisne, de la Vière, de l'Aire, de la Bar et de l'Agron confirment ces hypothèses. Les terrasses anciennes de la vallée de l'Aire sont à une altitude supérieure à celle du seuil topographique séparant l'Agron de la Bar. Il est probable que les alluvions attribuées à tort à la Bar ne sont en réalité que des terrasses de l'Aire primitive. De même les terrasses de la vallée de l'Aisne restent sensiblement à la même cote, qu'elles dominent l'Aisne, l'Ante ou la Vière, cote plus élevée que la ligne de partage des eaux, constituée elle-même par des alluvions anciennes. De plus des galets de gaize existent dans les terrasses de part et d'autre de l'Ante. Or la falaise sud de l'Argonne est due à un changement de faciès, la gaize faisant place à des argiles. Il faut bien, pour expliquer la présence de ces galets gaizeux, admettre des apports alluvionnaires venus du Nord.

Essayons de reconstituer l'histoire de cette région au Quaternaire. Les anciennes terrasses contiennent à la fois des restes de faune chaude et de faune froide, tels que l'*Elephas primigenius*. Ce n'est donc qu'après l'apparition de celui-ci que l'on peut envisager le changement de direction de l'Aisne et la capture de l'Aire. Les basses terrasses normales existent dans les basses vallées de la Chée, de la Vière et de la Bar, mais manquent dans celles de l'Aisne et de l'Aire. C'est donc au plus tôt pendant la période de creusement qui a suivi la formation des moyennes terrasses que peuvent s'être produits ces phénomènes. La présence d'une faune froide très nette dans les alluvions anciennes de la Grèverie de Sainte-Ménehould reporte même cette date au début de la formation des basses terrasses. L'ancienne rivière, coulant du Nord vers le Sud, n'a pas continué à creuser sa vallée après la formation des moyennes terrasses, mais a déposé ses alluvions les unes sur les autres, superposant faune froide sur faune chaude, puis a cessé de couler, sa pente devenant nulle. C'est alors seulement que l'Aisne a pris naissance et a drainé les eaux vers le Nord, puis capté l'Aire. Cette époque correspond à la fin de l'Acheuléen et

au Moustérien. C'est sensiblement la date de la capture de la Moselle par la Meurthe.

Des plis posthumes sont probablement la cause de ces phénomènes : 1° à la traversée de l'Ardenne par la Meuse, un mouvement positif compense l'abaissement général des niveaux de la base; la Seine et la Meurthe ont accru leurs bassins au détriment de celui de la Meuse; 2° un autre pli posthume d'axe Est-Ouest, à la latitude de Noirlieu et comparable à celui de Valmy, expliquerait le renversement de l'Aisne vers le Nord.

Les terrasses anciennes, n'étant plus solidaires de l'Aisne et de l'Aire actuelles, ne doivent être étudiées que par leur altitude absolue et leur raccordement aux alluvions de la Marne et de la Meuse. Le passage continu d'une faune chaude ancienne à une faune froide moderne dans les mêmes dépôts s'explique par le fait que ces alluvions ne correspondent pas à une terrasse déterminée, mais à un ensemble de terrasses superposées. Il ne faut plus s'étonner en préhistoire de trouver à des altitudes sensiblement les mêmes des industries d'époques différentes. Du point de vue géologique enfin, les faits interprétés ci-dessus tendent à montrer que les plis posthumes du Bassin de Paris ont joué, au moins localement, jusqu'à une date extrêmement récente.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Comparaison entre diverses formules reliant l'écoulement et les précipitations.* Note de MM. **Stéphane Hénin** et **Lucien Turc**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'un de nous a établi avec l'aide de divers collaborateurs ([1]), ([2]) que l'écoulement ([3]) (D) et le déficit d'écoulement (E) observés soit dans des cases lysimétriques, soit dans des bassins fluviaux, pouvaient être calculés à partir des précipitations (P) par les formules

$$\text{(I)}\qquad D=\frac{\gamma P^3}{1+\gamma P^2},$$

$$\text{(II)}\qquad E=\frac{P}{1+\gamma P^2},$$

$$\text{(III)}\qquad \gamma=\frac{1}{0,15\,T-0,13},$$

P, E, D exprimés en mètres, T température moyenne annuelle en degrés centigrades.

Nous avons constaté que ces formules étaient encore valables pour le calcul du débit mensuel ou bimensuel, moyennant quelques modifications de (γ);

([1]) S. Hénin et J. Ternisien, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 80-82.

([2]) S. Hénin et M. Godard, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 559-560.

([3]) Rappelons qu'en agronomie on a l'habitude de considérer que l'écoulement est égal au drainage et le déficit d'écoulement à l'évaporation.

dans le cas étudié plus loin, débit des cases de Rothamsted, nous prendrons

(IV) $$\gamma = \frac{1}{0,1\,T - 0,2}\,n^2$$

$n = 12$, pour le calcul du débit mensuel.

Cependant d'autres formules ont été proposées, qui rendent compte également des résultats; c'est ce point particulier que nous examinerons.

On trouve fréquemment des formules, reliant l'écoulement aux précipitations dans un lieu donné, de la forme

(V) $$D = AP - \text{const.}$$

L'accord des deux types de formules s'explique aisément si l'on considère que les variations de la pluviosité dans un lieu donné sont relativement faibles, ce qui permet de remplacer la courbe par sa tangente de pente A. Notons que sous les climats humides, A est souvent supérieur à 1, ce qui est conforme à nos résultats; la formule I montrant que $dD/dP > 1$ pour $P > 1/\sqrt{\gamma}$.

Il existe des accords plus frappants. Crowther ([4]) a montré que l'on pouvait calculer approximativement l'écoulement mensuel des cases lysimétriques de Rothamsted à l'aide de la formule

(VI) $$D = 1,112P - 0,318T - 0,77.$$

T en degrés centigrades, P et D en centimètres. Nous allons établir cette formule en partant de notre formule (I) et en prenant pour γ la valeur (IV).

Le calcul montre que pour $dD/dP = 1,112$, on a

(VII) $$P_a = 1,42(1/\sqrt{\gamma}).$$

L'établissement d'une relation de la forme $D = 1,112(P - P_0)$ nécessite la détermination de la valeur de P_0. Or $P_0 = P_a(-D_a/1,112)$, D_a étant l'écoulement correspondant à P_a.

En remplaçant P par sa valeur (VII) dans la formule (I), il vient

$$D_a = 0,95\frac{1}{\sqrt{\gamma}},$$

d'où $P_0 = P_a - (0,95/1,112\sqrt{\gamma}) = 0,565/\sqrt{\gamma}$. Si l'on exprime P en centimètres, $P = 56,5/\sqrt{\gamma}$.

Mais, pour le mois, $1/\sqrt{\gamma} = (1/12)\sqrt{0,1\,T - 0,2}$. Si l'on calcule cette valeur pour T variant de 3 à 16°, amplitude moyenne de variation de la température à Rothamsted, on a approximativement $12/\sqrt{\gamma} = 0,06T + 0,25$, d'où

$$D = 1,112P - 0,31T - 1,3,$$

formule très voisine de celle de Crowther (VI). La différence entre les deux

([4]) Crowther, *Proceed. of the Royal Soc.*, série B, **107**, 1930, pp. 1-30.

constantes 1,3 et 0,77 étant petite puisqu'elle représente 0,53 de drainage mensuel.

D'autre part nous avons vu, d'après la formule (1), que, pour nos climats, $dD/dP \# 1$ et que E varie relativement peu en fonction de P. Dans cette région des courbes $E \# (1/2)\sqrt{1/\gamma}$ (1).

Or nous venons de voir que $\sqrt{1/\gamma}$ peut être remplacé par une relation linéaire, il vient donc $E = aT + b$, formule proposée par divers auteurs (Coutagne, *La Météorologie*, 1941, p. 67).

En conclusion les diverses formules proposées, bien que de formes différentes de la nôtre, viennent la confirmer puisqu'il est possible de les en déduire avec une bonne approximation.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Quotient d'oxydation réversible de l'acide ascorbique chez quelques Phanérogames aquatiques.* Note de M. **Pierre Lecat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons vu [1] que, chez les Phanérogames terrestres, le quotient d'oxydation réversible de l'acide ascorbique, c'est-à-dire le rapport acide déhydroascorbique/acide ascorbique, était inférieur à 0,3 pour le limbe des feuilles arrivées à leur plein développement à l'époque de la floraison de la plante. Cette valeur change notablement chez les plantes aquatiques ou semis aquatiques, ainsi que le montrent les chiffres suivants, obtenus par la même méthode de dosage et se rapportant au limbe des feuilles adultes à l'époque indiquée pour chacune d'elles. Ces plantes ont été récoltées dans les jardins du Muséum d'Histoire naturelle, à Paris.

Famille et Plante.	Époque de la récolte.	Dose en mg pour 100g de feuilles fraîches. Ac. ascorb.	Ac. déhydr.	Quotient.
Alismàcées.				
Sagittaria sagittæfolia, feuille aérienne	Juin	103	56	0,54
Feuille aérienne	Septembre	100	60	0,60
Feuille aérienne immergée 8 jours	Juillet	48	26	0,55
Lemnacées.				
Lemna minor	Septembre	10	20	2
Hydrocharidées.				
Hydrocharis morsusranæ	Octobre	30	70	2,33
Elodea canadensis	Octobre	60	134	2,23
Nympheacées.				
Nymphea alba, feuille flottante	Septembre	35	150	4,30
Feuille immergée accidentellement à faible profondeur	Septembre	23	123	5,32
Nuphar lutea, feuille flottante	Septembre	40	164	4,10
Potamées.				
Potamogeton natans, feuille flottante	Juillet	11	212	19,3
Feuille immergée	Juillet	16	140	8,7

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 639.

Nous nous proposons d'étudier l'été prochain la valeur du quotient d'oxydation de l'acide ascorbique en fonction du polymorphisme des tissus et de l'âge des feuilles chez la Sagittaire et, d'autre part, en fonction du polymorphisme si accentué des formes chez les Potamées.

Des chiffres précédents nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Le taux d'acide ascorbique chez les feuilles de plantes aquatiques ou semi-aquatiques semble moins variable que chez les plantes terrestres (7 espèces étudiées).

Le taux d'acide déhydroascorbique varie par contre dans de beaucoup plus larges proportions (de 26 à 212^{mg} pour 100^{g} de matière fraîche).

La Sagittaire semble occuper une place spéciale dans le chimisme de l'acide ascorbique chez les plantes semi-aquatiques, puisque ses quotients d'oxydation la rapprochent des Phanérogames terrestres. Au contraire, les autres plantes étudiées s'en distinguent nettement par un quotient d'oxydation égal ou supérieur à 2.

En résumé, le chimisme d'oxydoréduction des plantes aquatiques ou semi-aquatiques est en général très différent des phénomènes semblables chez les plantes terrestres, et l'équilibre entre les deux formes de l'acide ascorbique est ici en faveur de la forme réduite.

A 15^{h}40^{m} l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 mars 1945.)

Note de M. *Marius Chadefaud*, Caractères cytologiques remarquables d'une Spirogyre :

Page 464, ligne 5 en remontant, *au lieu de* de simples *grana*, *lire* de simples *granula*.

(Séance du 20 août 1945.)

Note de Mlles *Yvette Cauchois* et *Iona Manesco*, Spectres L et niveaux caractéristiques de l'iridium :

Toutes les raies notées j sont des raies γ.

Page 232, ligne 8 du tableau I, *au lieu de* j_4, *lire* γ'_4.

» 232, » 3 du tableau II, *au lieu de* Siegbahn (1), *lire* Siegbahn (2).

» 232, » 2 du tableau III, *au lieu de* 988,9$_0$, *lire* 988,0$_6$.

» 232, dernière ligne du texte, *au lieu de* Siegbahn (1), *lire* Siegbahn (2).

Page 233, ligne 1, *au lieu de* Kaufman ([1]), *lire* Kaufman ([3]).
» 233, » 3, *au lieu de* $CuK\alpha_{3,4}$ ([4]), *lire* $CuK\alpha_{3,4}$ d'après Siegbahn ([2]).
» 233, » 7, *au lieu de* nos clichés; sa présence, *lire* nos clichés. Sa présence.
» 233, » 9, *au lieu de* la séparation l, *lire* la séparation ηl.
» 233, » 12, *au lieu de* E. Ingelstam ([3]), *lire* E. Ingelstam ([4]).
» 233, » 15, remplacer les j' par γ'_8.
» 233, » 26, *au lieu de* O, *lire* O_{II}.

(Séance du 10 septembre 1945.)

Note de M. *André Charrueau*, Sur des congruences de droites déduites d'une même surface :

Page 275, ligne 3, *au lieu de* parallèle au plan yOz, *lire* parallèle au plan yOz et passant par a; ligne 17, *au lieu de* Δ', *lire* Δ; ligne 24, remplacer l'y italique par un y ordinaire.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1945.

Tables annuelles de Constantes et données numériques, 40. *Colloïdes*, par D. DERVICHIAN. Paris, Hermann et Cie, 1945; 1 vol. 25^{cm}.

Bibliographie araneorum. Analyse méthodique de toute la littérature aranéologique jusqu'en 1939. Tome I, par PIERRE BONNET, Toulouse, Les frères Douladoure, 1945; 1 vol. 25^{cm}.

Les principes mathématiques de la Mécanique classique, par MARBEL BRELOT, Grenoble et Paris, Arthaud, 1945; 1 vol. 25^{cm},5.

Endocrinologie de la gestation, par ROBERT COURRIER. Paris, Masson et Cie, 1945; 1 vol. 25^{cm}.

Initiation aux mécaniques ondulatoires, par CHARLES PLATRIER, in *Actualités scientifiques et industrielles*, 984. Paris, Hermann et Cie, 1945; 1 vol. 25^{cm},5.

Exposition. Les Ailes de France, 1945, organisée par le MINISTÈRE DE L'AIR. Paris, Éditions Lajeunesse; 1 fasc. 21^{cm},5.

Congrès national de l'Aviation française du 3 *au* 9 *avril* 1945, organisé par le MINISTÈRE DE L'AIR. Paris, Éditions Lajeunesse; 1 fasc. 21^{cm}.

Congrès national annuel de l'Aviation française, organisé par le MINISTÈRE DE L'AIR. *Circulaire du* 25 *octobre* 1945. Paris, au Secrétariat général du Congrès; 1 fasc. 27^{cm}.

On orthonormal systems, par P. ROMANOFF, in *Comptes rendus* (*Doklady*) *de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, 1945. Vol. XLVI, n° 6; 1 fasc. 25^{cm},5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 17 DÉCEMBRE 1945

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

En ouvrant la séance, M. **MAURICE CAULLERY** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

Au moment où s'ouvrait l'année 1945, notre pays goûtait la joie de la Libération, mais la guerre durait toujours et nous attendions ardemment une victoire qui apparaissait assurée. Celle-ci est acquise aujourd'hui. Nous sommes fiers que notre jeunesse ait pu y participer. La guerre qui vient de finir nous laisse des souvenirs amers et cruels et la paix nous pose des problèmes multiples et énormes, qu'il nous faudra résoudre pour que notre pays conserve dans le monde de demain une place notable. Envisageons l'effort à faire avec courage et résolution; nous avons la joie de l'entreprendre dans la liberté reconquise, après avoir pu craindre que notre sort fût l'esclavage.

En face de ces événements majeurs, puis-je noter un fait minuscule qui touche à notre vie académique : en ce mois de décembre 1945, notre salle de séances hebdomadaires atteint son centenaire. Je le célèbre, en le signalant ici, sans y insister.

*
* *

Cette année nous apporte son inévitable contingent de deuils au sein de l'Académie. Ils se sont accumulés particulièrement au cours des dernières années. Je vais tout d'abord les évoquer brièvement. Nos *Comptes rendus* les ont d'ailleurs déjà enregistrés, dans des *Notices* que vous avez pu ou pourrez lire.

Le Général **ROBERT BOURGEOIS** (1), qui appartenait à la Section de Géographie et Navigation, était un de nos Confrères les plus anciens par l'élection et par l'âge et il avait participé très activement à notre vie académique jusqu'à ces derniers mois. Il s'était très tôt consacré à la

(1) Cf. *Comptes rendus*, séance du 12 novembre 1945, pp. 577-579.

Géodésie et y avait fait une œuvre considérable. Il avait en particulier dirigé la mission pour la mesure du Méridien en Équateur. Sa carrière militaire terminée, il avait tenu une place importante au Sénat.

Ces tout derniers jours, le 11 décembre, succombait **Charles Fabry**, de la Section de Physique générale (1), un des grands noms de l'Optique contemporaine et, par elle, de l'Astrophysique, un expérimentateur d'une ingéniosité inventive et d'une précision impeccable, un esprit d'une merveilleuse lucidité et d'un parfait équilibre, un professeur éminent, dont la parole séduisait par son aisance, sa limpidité, sa simplicité et souvent par son humour. L'œuvre scientifique de Fabry avait non seulement été estimée comme il convenait en France, mais elle avait reçu au dehors de nombreuses et brillantes consécrations. Dans nos Facultés, à Marseille et à la Sorbonne, à l'École polytechnique, au Bureau des Longitudes, au Comité international des Poids et Mesures, à l'Institut d'Optique, Fabry a été un animateur et il a formé de nombreux élèves. La perte de tels hommes, si conforme soit-elle aux inéluctables fatalités de la Nature, est toujours cruellement ressentie.

Dans la Section de Chimie, **Marc Tiffeneau** (2) était emporté subitement le 20 mai dernier, en pleine activité, à l'âge de 71 ans. Il laisse une œuvre étendue et substantielle en Chimie organique, où il maniait avec une aisance remarquable les formules de constitution et avait ainsi réalisé des transformations et des synthèses extrêmement variées. Pharmacien et médecin, il avait le souci des applications de la chimie à la thérapeutique et ses travaux ont eu ainsi des applications fécondes; Tiffeneau était, en même temps, un professeur brillant et il a, par ailleurs, affirmé la clarté de son esprit et l'étendue de ses connaissances par d'importantes contributions à l'histoire de la Chimie, spécialement à celle des origines et du développement de la théorie atomique. Nous ne pouvons que regretter que son passage parmi nous ait été si bref et qu'il ait disparu avant d'avoir réellement terminé son œuvre de savant.

Le 1er avril, la Section de Botanique perdait **Alexandre Guilliermond** (3), qui, lui aussi, nous quittait de façon prématurée, à l'âge de 68 ans. J'ai personnellement ressenti cette mort de façon particulièrement pénible. J'avais connu Guilliermond, dès ses premiers débuts, l'ayant eu comme élève à la Faculté des Sciences de Lyon. C'était un laborieux et un consciencieux, je dirai même un passionné, se donnant tout entier à ses études et à ses recherches, un esprit scrupuleux et inquiet, souffrant

(1) Cf. *Comptes rendus*, séance du 12 décembre 1945, pp. 721-724.
(2) Cf. *Comptes rendus*, séance du 23 mai 1945, pp. 717-719.
(3) Cf *Comptes rendus*, séance du 4 avril 1945, pp. 481-484.

souvent de la réalité. Il avait eu le grand mérite de se former lui-même à la recherche, n'ayant pas eu à sa portée de véritable maître et il a réussi à édifier une œuvre considérable et solide, portant surtout sur la Cryptogamie et sur la Cytologie végétale. Je rappellerai particulièrement ses recherches sur les Levures, qui lui assurèrent rapidement une belle notoriété. Il a été incontestablement, dans sa génération, un des maîtres de la Cytologie et spécialement de l'étude des divers éléments constituants du cytoplasme, étudiés à la fois du point de vue de la structure et de celui de la fonction. Il a été ainsi conduit à réaliser un magnifique *Traité de Cytologie végétale.* Devenu professeur à la Sorbonne, il a fait de son laboratoire un centre de recherches particulièrement actif et il y a formé de nombreux élèves, dont plusieurs font maintenant école à leur tour. Guilliermond disparaît, lui aussi, sans avoir réellement achevé son œuvre; la guerre a exercé sur lui une inhibition que l'on ne saurait trop déplorer.

Gustave Moussu [1], Membre de la Section d'Économie rurale, avait fait surtout œuvre de physiologiste à ses débuts; il s'était consacré ensuite aux questions que pose la Médecine vétérinaire, aux problèmes de la contagion et de la thérapeutique des maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Ses travaux ont épargné à nos éleveurs des pertes considérables.

Le 25 novembre, **Georges Charpy** nous était enlevé subitement. Il avait été, en 1918, le troisième élu dans la Section nouvelle des Applications de la Science à l'Industrie. Il avait brillamment débuté par des recherches de Chimie. Rapidement orienté vers la Métallurgie, il a joué, dans cette industrie, un rôle de premier plan, en appliquant systématiquement les méthodes les plus précises de la recherche scientifique aux problèmes pratiques de la fabrication industrielle; il a ainsi fait, dans de nombreuses questions, œuvre de novateur. Il laisse, comme le disait H. Le Chatelier, un exemple de ce que doit être le rôle du chef dans l'industrie et il a fait en même temps une belle carrière de savant [2].

Nombreuses ont été les pertes de l'Académie parmi ses Correspondants : plusieurs de celles que je vais énumérer remontent, à vrai dire, aux années antérieures, mais nous venons seulement de les connaître.

C'est ainsi que, pour la Section de Géométrie, je dois signaler le décès de **Sir Joseph Larmor**, survenu le 19 mai 1942, en Irlande. Notre Confrère Denjoy a analysé son œuvre [3] dans une Notice à laquelle je ne saurais

---

(1) Cf. *Comptes rendus,* séance du 12 novembre 1945, pp. 579-581.
(2) Cf. *Comptes rendus,* séance du 3 décembre 1945, pp. 677-679.
(3) *Notice,* par A. Denjoy. *Comptes rendus,* séance du 16 avril 1945, pp. 541-543.

mieux faire que de renvoyer. On y sentira pleinement que Larmor a été un esprit puissant, qui, en dehors de son œuvre mathématique proprement dite, a exercé une action profonde dans le domaine de la Mécanique et de la Physique théorique, particulièrement en électricité, en optique et en thermodynamique.

C'est aussi une grande personnalité mathématique qui a disparu en **George David Birkhoff**, décédé, à l'âge de 60 ans, le 12 novembre 1944. On lui doit des contributions magistrales à diverses branches de l'Analyse mathématique, mais, comme le remarque notre Confrère Hadamard (¹), le nom de Birkhoff restera, dans le domaine de la Mécanique céleste, inséparable de celui de Henri Poincaré, dont il a su prolonger et étendre l'œuvre en des directions variées. Sa disparition est, à cet égard, une perte que ressent particulièrement la Science française.

Nous n'avons appris que cette année la mort de **Augustus Edward Hough Love**, Correspondant pour la Section de Mécanique. Né en 1863, il est décédé à Oxford le 8 juin 1940. C'était un spécialiste de l'élasticité et des sciences qui s'y rattachent, comme l'Hydrodynamique, la Géodésie et la Géodynamique. Ses recherches sur la théorie dynamique des marées, sur la forme de la Terre et sur sa constitution physique, ont exercé une grande influence et sa renommée était mondiale (²).

La Section d'Astronomie a perdu deux de ses Correspondants : **Alfred Fowler**, mort à Londres le 24 juin 1940, et **Frank Schlesinger**, décédé à Lyme (Connecticut), le 10 juillet 1943. Schlesinger a dirigé, au cours de sa carrière, deux des grands observatoires des États-Unis (*Alleghany* et *Yale Observatories*) et il a apporté une contribution éminente à l'étude des étoiles, à l'aide des grands instruments et par les techniques modernes.

Pour la Section de Géographie et Navigation, nous avons perdu, le 24 janvier 1945, **Jules Richard**, directeur du Musée océanographique de Monaco, dont il avait été l'organisateur, comme il a été, pendant de longues années, le fidèle et ardent collaborateur de notre ancien Confrère le Prince Albert et le metteur en œuvre de la publication des *Résultats* de ses Campagnes. On doit à Jules Richard de nombreuses réalisations techniques dans le domaine de l'Océanographie. Né en 1863, il était âgé de 81 ans et il était resté un travailleur actif (³).

(¹) *Notice*, par J. Hadamard. *Comptes rendus*, séance du 23 mai 1945, p. 719-721.
(²) *Notice*, par H. Villat. *Comptes rendus*, séance du 5 mars 1945, p. 293-294.
(³) *Notice*, par G. Durand-Viel. *Comptes rendus*, séance du 26 mars 1943, p. 413-414.

A la Section de Physique générale appartenait **Blas Cabrera** (¹), professeur à l'Université de Madrid, décédé à Mexico, le 1er août 1945, à l'âge de 67 ans. Son œuvre de physicien a été importante dans le domaine de la Magnétochimie, envisagée dans ses rapports avec la structure des atomes. La guerre civile espagnole l'avait obligé à se réfugier en France et nous l'avons vu, pendant plusieurs années, assister assidûment à nos séances hebdomadaires.

Maurice Nicloux était Correspondant pour la Section de Chimie. Né en 1873, il est décédé le 5 janvier 1945. Il s'était orienté, dès ses débuts, vers la Chimie biologique et la Physiologie et il y a brillamment réussi, parce qu'il réunissait la culture du physicien, du chimiste, du biologiste et du médecin. Il a apporté d'importants et multiples perfectionnements aux techniques de microanalyse, qui s'imposent pour l'étude de la composition des substances diverses de l'organisme et, à Strasbourg, où il occupait, depuis 1919, une chaire à la Faculté de Médecine, il a fait école. On trouvera un exposé détaillé de son œuvre dans la Notice que lui a consacrée notre Confrère Javillier (²).

Vladimir Ivanovitch Vernadsky, né le 12 mars 1863 et décédé à Moscou le 6 janvier 1945, était Correspondant pour la Section de Minéralogie. Il laisse une œuvre considérable dans les domaines de la Géochimie (transformations et migrations des éléments de l'écorce terrestre), de la Radiogéologie (étude géologique des substances radioactives) et de la Biogéochimie (rôle des êtres vivants comme agents géologiques). Il a joué, dans son pays, un rôle très actif dans la mise en valeur des richesses naturelles minérales. Il avait, en particulier, depuis 1940, efficacement développé les recherches sur les minerais uranifères, en liaison avec l'utilisation de l'énergie atomique. Il était venu souvent en France, y avait fait des conférences à diverses reprises et y avait noué d'étroites relations avec plusieurs de nos Confrères (³).

André Paillot est mort prématurément, le 23 décembre 1944, à l'âge de 59 ans. Ses recherches sur la biologie des Insectes et surtout sur la lutte contre les espèces nuisibles, lui avaient valu tout récemment d'être élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale. C'était un travailleur très actif, qui laisse une œuvre variée et abondante sur les infections microbiennes des Insectes, en particulier sur celles dues à des ultra-virus, telle

(¹) *Notice*, par M. de Broglie. *Comptes rendus*, séance du 3 septembre 1945, pp. 253-254.
(²) *Notice*, par M. Javillier. *Comptes rendus*, séance du 29 janvier 1945, pp. 153-156.
(³) *Notice*, par Ch. Mauguin. *Comptes rendus*, séance du 6 août 1945, pp. 157-161.

que la grasserie du Ver à soie et autres maladies à polyèdres. Il s'est attaché, dans ses recherches, à de nombreuses réalisations d'ordre pratique pour la lutte contre les Insectes nuisibles [1].

La Section d'Anatomie et Zoologie a perdu, parmi ses Correspondants, **Paul Pelseneer**, décédé à Bruxelles le 5 mai 1945. C'était, dans toute la force du terme, une belle figure de savant, austère, hautement désintéressé, d'un caractère inflexible. La haute estime de ses collègues lui a valu, vers la fin de sa carrière, des consécrations, telles que le Secrétariat perpétuel de l'Académie Royale, qui pouvaient le consoler d'un ostracisme qu'il avait précédemment subi et qui, en le privant de moyens matériels de recherches, l'avait obligé à concentrer ses efforts sur un domaine limité de la Zoologie, l'étude anatomique et embryologique des Mollusques. Il y a d'ailleurs réalisé une œuvre considérable, qui lui avait valu une grande notoriété et une haute autorité. C'était un sincère et ardent ami de la France, où, pendant plus de cinquante ans, il avait passé des vacances à Wimereux et travaillé à cette Station Zoologique [2].

Pour la Section de Médecine et Chirurgie, nous déplorons la perte de **Maurice Arthus**, décédé le 24 février 1945, à l'âge de 83 ans, à Fribourg (Suisse). Il était Français et avait accompli la première partie de sa carrière dans notre pays, au laboratoire de Physiologie de la Sorbonne, à l'Institut Pasteur de Lille et à l'École de Médecine de Marseille. Il avait enseigné aussi à l'Université de Fribourg, de 1897 à 1901 et, de 1917 à 1932, à celle de Lausanne. Dans ces deux Universités, il a bien servi le renom de la Science française, par l'éclat de son enseignement et de ses recherches. Son œuvre de physiologiste est variée; elle a porté, en particulier, sur la coagulabilité des liquides de l'organisme, sur les venins des serpents et des abeilles et les sérums antivenimeux et sur l'anaphylaxie (spécialement l'anaphylaxie locale); ses ouvrages généraux et d'enseignement ont connu une très vaste diffusion et bien mérité de la Science française [3].

* * *

Il me semble que, dans les conjonctures telles que celles où nous nous trouvons, chacun est amené plus que jamais à réfléchir à la puissance de la Science et à dresser le bilan de ce qu'elle a récemment réalisé sous ses yeux. Je vais essayer de le faire brièvement en ce qui concerne la

---

(1) *Notice*, par L. Lapicque, *Comptes rendus*, séance du 12 février 1945, pp. 205-206.
(2) Cf. *Comptes rendus*, séance du 28 mai 1945, pp. 753-755.
(3) *Notice*, par Léon Binet, *Comptes rendus*, séance du 28 mai 1945, pp. 755-758.

Biologie, mais je ne puis m'abstenir d'enregistrer d'abord le fait capital qui vient d'être l'aboutissement, d'ailleurs escompté, de cinquante ans de recherches et de découvertes retentissantes dans le domaine de l'atome et qui s'est traduit par l'entrée en scène de la *bombe atomique*. Celle-ci a contribué certainement, de façon importante, à hâter la fin des hostilités et elle a montré, une fois de plus, la Science transformant les conditions de la guerre. Voici, entre les mains de l'homme, une arme nouvelle et terrifiante; espérons qu'il en usera pour des œuvres constructives plutôt que pour la destruction et, comme hommes de science, regrettons que le secret où cette découverte est tenue nous prive de connaître dès à présent, de façon exacte, la solution apportée au problème capital de la désintégration de la matière. Cette solution eût pu être obtenue dans notre pays, qui a eu une part large et initiatrice aux résultats essentiels qui y ont conduit. L'occupation ennemie a malheureusement enrayé, depuis plus de cinq ans, les travaux de notre Confrère Joliot dans cette direction. Consolons-nous en pensant que, dans la course au succès, si nous avons été écartés de la lice, ce sont nos alliés qui ont, les premiers, atteint le but. On frémit en songeant que d'autres eussent pu les devancer et que peut-être la bombe atomique figurait, dans la série des V, sous un numéro non encore défini. En faisant abstraction de ces redoutables contingences, il n'en reste pas moins, au point de vue scientifique, que nous sommes-là en présence d'une des plus grandes conquêtes de l'esprit, dont les conséquences théoriques et pratiques ne peuvent être pleinement mesurées à cette heure. Et reportons notre pensée, un instant, à l'origine déjà lointaine de cette sensationnelle découverte, à la séance de l'Académie, en date du 20 janvier 1896, où une conversation entre H. Poincaré et H. Becquerel, à propos des rayons X qui venaient d'être découverts, suggéra à Becquerel d'entreprendre, sur les sels d'uranium, les recherches qui ont conduit à la connaissance de la Radioactivité. Quel chemin parcouru depuis et quel bouleversement dans les notions que nous considérions alors comme les plus fondamentales et qui formaient, en particulier, les bases de l'édifice chimique construit par Lavoisier : l'indestructibilité de la matière et l'autonomie totale des éléments !

Je regrette, en ce moment, de n'être pas physicien pour pouvoir disserter congrument sur ce sujet. Je reviens à la Biologie.

*
* *

Je voudrais marquer ici brièvement quelques traits de son développement dans les décades dont je me suis trouvé le témoin et essayer d'en dégager le sens général. Certes, il ne s'est pas produit dans ce domaine d'événements et moins encore de révolutions comparables à ceux que je

viens d'évoquer dans celui de la Physique, mais il me semble cependant intéressant de comparer la situation présente à celle qui caractérisait le dernier quart du XIXe siècle. La Biologie venait alors de faire des conquêtes impressionnantes, car c'était le moment où venait de s'achever l'œuvre de trois des plus grands maîtres dans le champ des sciences de la vie : Claude Bernard, Louis Pasteur et Charles Darwin. Le premier, en dehors d'une série de découvertes particulières primordiales, avait formulé le code définitif de la recherche physiologique; le second nous avait révélé l'action puissante et quasi universelle des microbes, avec ses immenses conséquences pour la vie humaine; le troisième avait imposé à notre esprit l'idée maîtresse de l'Évolution, précédemment évoquée par Lamarck. La biologie tout entière se trouvait renouvelée par ces trois puissantes impulsions. Qu'est-il advenu depuis de son orientation générale et quelles sont les voies nouvelles qui s'y sont ouvertes ?

Ses deux aspects majeurs se résument toujours dans les termes de Physiologie et de Morphologie, c'est-à-dire de fonction et de structure. La Physiologie a brillamment exploité le terrain défriché par Claude Bernard et, en science conquérante de la nature, comme il le disait, elle a obtenu des résultats multiples, définitifs et considérables. Elle ne s'est pas toujours défendue d'un certain dédain pour la Morphologie, dont la tâche est avant tout descriptive, à qui la prévision est plus ou moins interdite et qui, pour établir ses conclusions, ne dispose pas toujours d'éléments de valeur indiscutable comme ceux que fournit la méthode expérimentale proprement dite. Les inductions des morphologistes contiennent donc presque toujours une part de conjecture. La difficulté pour eux est de la mesurer sainement et, en fait, il est beaucoup de leurs généralisations qui se sont montrées caduques. Mais il ne faut pas moins considérer que nombre de grands problèmes biologiques, qui s'imposent inéluctablement à l'esprit par l'observation des formes vivantes et des structures, ne sont pas justiciables de la méthode expérimentale rigoureuse et cependant la Morphologie a ouvert des voies nouvelles nombreuses, où, en dépit d'oscillations dans les interprétations, le bilan des valeurs acquises est largement positif. Plusieurs des chapitres les plus importants de la Biologie contemporaine ressortissent au domaine de la Morphologie. Nous voyons toutefois, aujourd'hui, l'expérimentation s'y introduire de façon de plus en plus étendue et y faire sentir l'efficacité de ses méthodes.

A l'heure présente, l'élément fondamental de la généralité des organismes apparaît dans la cellule et il s'est constitué une science spéciale de la cellule, la Cytologie. Elle s'est édifiée à peu près entièrement sur des données d'ordre morphologique. Il a été certainement formulé, sur la base de l'observation et à l'aide de techniques plus ou moins compliquées, de nombreuses conceptions aventurées, qui, après avoir connu un succès

parfois très grand, se sont peu à peu effacées. Mais, au total, l'étude morphologique de la cellule a conduit à des résultats d'importance majeure. C'est de ce domaine que sont sorties nombre de données essentielles pour le physiologiste. Je n'en veux donner comme exemple que l'œuvre de Ramon y Cajal et la notion du neurone. L'expérimentation a d'ailleurs été largement pratiquée en Cytologie. L'étude de l'œuf et de sa fécondation participe à la fois de l'observation et de l'expérience proprement dite. La culture des tissus a essentiellement figure expérimentale.

L'Embryogénie, c'est-à-dire l'étude de la réalisation progressive de l'organisme, sa morphogenèse, a été, à la période que nous considérons, l'un des domaines les plus activement exploités de la Biologie. Elle a été d'abord strictement descriptive et nous ne saurions désormais nous passer de toutes les données qu'elle nous a ainsi fournies. L'hypothèse et l'extrapolation ont consisté surtout, en ce qui la concerne, à interpréter les faits constatés, comme nous apportant des données rétrospectives sur les phases antérieures de l'Évolution. Encore qu'il y ait un déchet important dans les conclusions qui ont été formulées à cet égard, il n'en reste pas moins un corps de résultats cohérent et hautement significatif, embrassant l'ensemble du règne animal et aidant puissamment à le comprendre.

Au cours des dernières décades, l'Embryogénie est d'ailleurs passée, dans une large mesure, sur le terrain expérimental et nous avons ainsi acquis, sur les lois et les conditions de la morphogenèse, des connaissances importantes nouvelles, mais que nous n'aurions pu mettre en œuvre sans l'effort préalablement accompli par l'observateur sur le plan purement morphologique. Au total, l'Embryogénie a fourni à la Biologie, un corps de résultats précis et essentiels, en même temps que d'une diversité qu'on n'aurait pu soupçonner. Elle nous a montré, en particulier, que, dans nombre de cas, l'organisme définitif ne se réalise que par des voies en quelque sorte détournées, que traduisent notamment les métamorphoses larvaires; elle nous apprend surtout que, partout, la forme et la structure précèdent la fonction, si bien que celle-ci n'apparaît pas, en fait, comme conditionnant immédiatement celles-là.

Il est une branche récente de la Biologie dont l'ampleur va toujours croissant et qui, d'ailleurs, se rattache en principe à la Physiologie, c'est l'Endocrinologie, ou étude fonctionnelle des sécrétions internes. Claude Bernard en est le fondateur, avec la grande découverte de la fonction glycogénique du foie. Brown-Séquard en a été, en quelque sorte, le catalyseur, aux environs de 1900. Depuis, entre les mains des physiologistes, des chimistes et aussi des morphologistes, elle a constitué une série de chapitres d'importance primordiale dans la Biologie contemporaine, tels ceux relatifs à la glande thyroïde, à l'hypophyse, au pancréas, aux capsules surrénales. Dans chacun d'eux, d'ailleurs, les données morphologiques,

d'ordre histologique ou embryogénique, ont été loin de jouer un rôle négligeable. Mais un des aspects les plus importants de l'Endocrinologie, à l'heure présente, et l'on peut dire l'un des plus imprévus, est constitué par le rôle des glandes sexuelles à cet égard. Or là, l'impulsion initiale et l'apport fécond des données de base est l'œuvre des morphologistes. Nul autre exemple ne montre mieux, à mon sens, l'utilité essentielle des données morphologiques. Le physiologiste, qui étudie avant tout les lois générales, n'a besoin, pour son expérimentation, de s'adresser qu'à quelques espèces animales d'un maniement particulièrement commode, les animaux de laboratoire, comme on dit. Ici, les faits les plus significatifs ont surgi de la considération d'espèces nombreuses, parfois de variétés spéciales de chacune d'elles, bref d'un matériel fourni par la Zoologie proprement dite. D'autre part, c'est l'histologie des glandes sexuelles et leur étude embryogénique qui ont fourni les notions essentielles à l'interprétation des faits. Ce champ d'études particulier, dans la Biologie contemporaine, nous montre, mieux que tout autre, l'étroite solidarité des diverses méthodes, de la Physiologie et de la Morphologie. Il a aussi, plus puissamment que tout autre, transporté finalement l'étude des problèmes morphologiques et physiologiques sur le terrain de la Chimie proprement dite. Les substances actives, ou hormones, sécrétées par les glandes endocrines, ont pu être identifiées avec précision par les chimistes et souvent réalisées par synthèse et l'Endocrinologie est, en ce moment, un des domaines les plus féconds de la Biologie. Il s'étend, d'autre part, de plus en plus sur le règne animal. Il était jusque tout récemment à peu près limité aux Vertébrés. Des données récentes d'un haut intérêt l'ont prolongé sur divers groupes d'Invertébrés, tels que les Insectes et les Crustacés. Enfin, la portée générale de ces faits déborde le cadre des problèmes de la sexualité, car nous voyons là comment des agents chimiques réalisés dans l'organisme, et aussi des substances voisines mais différentes obtenues, par synthèse, exercent une action efficace sur la morphogenèse et cela nous amène à présumer que ce sont des mécanismes de cet ordre qui président à la différenciation générale des organes au cours du développement. Les données fournies par l'Embryologie expérimentale sont d'ailleurs en harmonie avec cette conception.

Il est une autre branche nouvelle de la Biologie qui appartient presque tout entière au XXe siècle, puisque son essor date de 1900, la Génétique. Elle a ouvert, pour la première fois, des perspectives précises sur les problèmes de l'Hérédité. La Génétique est expérimentale par ses méthodes, mais elle s'applique surtout à des questions d'ordre morphologique; d'autre part, ses résultats se présentent sous forme de données statistiques, qui sont interprétées à l'aide d'unités hypothétiques, les *gènes*, qu'on a été amené à localiser dans le noyau de la cellule et plus précisément sur

les chromosomes. Certes leur existence, en tant que particules autonomes, reste en grande partie conjecturale, mais on a pu cependant, dans les cas les mieux étudiés, tels que celui de la Drosophile, en fixer la position avec beaucoup de vraisemblance et, parfois aussi, rattacher à un gène déterminé la présence ou l'absence dans l'organisme de substances chimiques définies. Malgré le scepticisme et la critique à leur égard de tenants particulièrement rigoristes des principes de la méthode expérimentale, telle que la définit la Physiologie, il reste, de toute façon, que l'emploi de ces unités et les particularités de la représentation qui en a été faite permettent des prévisions définies et très généralement vérifiées. Nous sommes arrivés ainsi, au sujet de l'Hérédité, à des conceptions et à un ensemble de connaissances qui représentent un progrès substantiel.

Aux divers exemples qui précèdent on pourrait en joindre encore d'autres, mais ils suffisent, me semble-t-il, à caractériser la période récente et contemporaine de la Biologie et à nous montrer comment les données et les méthodes morphologiques et physiologiques s'y interpénètrent de façon féconde.

Par-dessus toutes les disciplines plus ou moins individualisées de la Biologie, il est une doctrine qui, à la fin du XIXe siècle, en a dominé l'ensemble, c'est celle de l'Évolution. Elle a été un véritable catalyseur dans tout le champ de la Morphologie et tout spécialement de l'Embryogénie. Il semblait alors qu'on ne tarderait pas à en déchiffrer tout le mystère et à pouvoir déduire, de façon précise, des données fournies par la nature actuelle, comment celle-ci s'était réalisée dans le passé. On ne peut nier que les éspérances conçues à cet égard ne se sont pas vérifiées pleinement et que l'on se soit fait une représentation trop simple du problème. Si le fait lui-même de l'Évolution s'impose de plus en plus comme la seule explication scientifique cohérente de ce que nous offrent les deux règnes animal et végétal, en particulier de tout ce que nous montrent l'Anatomie comparée, l'Embryogénie et la Paléontologie, la reconstitution précise de cette Évolution dans les divers groupes et l'origine même de ceux-ci est moins à notre portée qu'on ne l'imaginait il y a cinquante ans. Nous n'avons à notre disposition que des documents rétrospectifs trop restreints, mais ceux dont nous disposons suffisent à nous révéler dans son ensemble le fait même de l'Évolution. C'est dans la nature actuelle que nous devrions la voir se continuer et que nous aurions chance ainsi d'analyser ses mécanismes, quoique, à cet égard, un élément primordial nous fasse défaut, à savoir le temps. Quoi qu'il en soit, aucune des solutions qui ont été proposées, lamarckisme, darwinisme, mutationnisme, ne satisfait pleinement l'esprit, ni n'échappe à des objections sérieuses. Il faut avouer que nous ne savons pas encore quels sont les facteurs décisifs de l'Évolution.

Malgré tous les progrès réalisés par la Biologie depuis un demi-siècle, nous sommes encore loin de pouvoir vraiment atteindre les problèmes fondamentaux de la Vie. Son origine reste mystérieuse : la connaissance des virus filtrants et les données acquises à leur sujet en ces dernières années nous ont fait faire un pas important dans la connaissance de ses manifestations les plus simples. Nous avons pu, d'autre part, ramener la généralité de ses processus, considérés isolément, à des actions d'ordre physicochimique. Il n'en reste pas moins que la réalisation même de l'être vivant, comme celle de l'Évolution des organismes en général, demeurent pour nous toujours des inconnues.

On voit donc, par ces rapides considérations, quelle large place reste encore aux générations nouvelles pour de fructueuses recherches dans les questions biologiques actuellement posées, sans parler des problèmes nouveaux qui se poseront à elles.

Je m'étais proposé d'indiquer à grands traits les directions dans lesquelles la Biologie s'était surtout développée depuis un demi-siècle; si je voulais les caractériser d'un mot, je serais tenté de dire que cette période a été celle de la Biologie expérimentale, son caractère le plus frappant peut-être étant que nombre de questions, qui jusque-là n'étaient abordées que par la seule observation et d'un point de vue descriptif, ont été portées sur le terrain expérimental. Les Sciences naturelles descriptives, Zoologie et Botanique, gardent certes leur intérêt, mais la Biologie du XXe siècle est avant tout expérimentale.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1945.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, Ém. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **André Lichnerowicz**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. E. Cartan.

PRIX VICTOR THÉBAULT (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Robert**, inspecteur général de l'Enseignement secondaire, pour son ouvrage intitulé : *Géométrie élémentaire*, et pour ses travaux sur la parataxie, les focales et la théorie des coniques. *Rapporteur :* M. G. Julia.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. Ém. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Fernand Charron**, professeur à la Faculté libre des sciences d'Angers, pour ses travaux de mécanique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Guy Littaye**, professeur au lycée Hoche, pour ses travaux sur l'hydrodynamique expérimentale. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX PIERSON-PERRIN. — Deux prix de 7.000fr sont décernés :

— à Mme **Jacques Tonnelat**, née **Marie-Antoinette Baudot**, chargée de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de mécanique ondulatoire. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

— à M. **Charles Chartier**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux sur la mécanique des fluides. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Cotton, G. Perrier, Ch. Fabry, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

PRIX LALANDE (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henry Berthomieu**, astronome à l'Observatoire de Toulouse, pour ses travaux sur les binaires spectroscopiques. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, E. de Martonne.

PRIX GAY (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Théodore Monod**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, directeur de l'Institut français d'Afrique noire, à Dakar, pour ses explorations dans le Sahara. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

FONDATION TCHIHATCHEF (5.000fr). — Un prix est décerné à M. **André Haudricourt**, ingénieur-agronome, pour ses explorations botaniques du Turkestan russe. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX BINOUX. — Un prix de 5.000fr est décerné à M. **Jean Chardonnet**, assistant à l'Institut de géographie de l'Université de Paris, pour son étude morphologique de la Durance alpestre; *Rapporteur :* M. E. de Martonne.

— un prix de 3.000fr à M. **Aimé Coutagne**, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur-conseil, pour l'ensemble de ses études hydrologiques. *Rapporteur :* M. E. de Martonne.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. R. Bourgeois, Ém. Borel, M. de Broglie, G. Perrier, Ch. Fabry, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, E. de Martonne, E. Vessiot.

PRIX PLUMEY. — Deux prix de 10.000fr sont décernés :

— à M. **Robert Legendre**, ingénieur en chef des industries navales, pour ses travaux relatifs à la propulsion des navires et aux échangeurs de chaleur. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

— à M. **Raymond Waeselinck**, ingénieur en chef des industries navales, pour ses travaux relatifs aux échangeurs de chaleur et aux pertes de charge dans les tuyautages de vapeur. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT (3.200fr). — Le prix est décerné à M. **Fernand Carbenay**, ingénieur au Laboratoire national de radioélectricité, pour ses recherches sur les oscillations électriques de hautes fréquences. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marc Jouguet**, professeur à l'École supérieure d'électricité, pour ses recherches sur les courants de Foucault et sur les fours à induction. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX HUGHES (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Ouang Te-Tchao**, docteur ès sciences, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur l'électrisation des particules en suspension dans les gaz. *Rapporteur :* M. P. Langevin.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (30.000fr). — Le prix est décerné à feu **Georges Bruhat**, directeur adjoint de l'École normale supérieure, déporté et assassiné en Allemagne, pour l'ensemble de ses travaux de physique. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **Édouard Calvet**, professeur au Lycée Thiers à Marseille, pour ses recherches sur la microcalorimétrie. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry.

CHIMIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, M. Tiffeneau, P. Jolibois.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Moureu** directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Paris, pour les services qu'il a rendus dans l'exercice de ses fonctions durant la guerre. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX JECKER. — Deux prix de 5.000fr sont décernés : l'un à M. **Léonce Bert**, ancien professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, et l'autre à M. **Félix-Martial Taboury**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour l'ensemble de leurs travaux de chimie organique. *Rapporteur :* MM. M. TIFFENEAU, M. DELÉPINE.

FONDATION CAHOURS (3.600fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **André Boullé**, chef de travaux à l'École des mines, pour ses recherches sur les métaphosphates. *Rapporteur :* M. P. JOLIBOIS.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (50.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Hérissey**, professeur honoraire à la Faculté de pharmacie, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. DELÉPINE.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Henri Normant**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Caen, pour les recherches qu'il poursuit sur les composés furfuraniques et coumaraniques. *Rapporteur :* M. M. DELÉPINE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, A. Michel-Lévy.

PRIX CUVIER (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Termier**, chef du service géologique du Maroc, à Rabat, pour ses travaux de pétrographie marocaine. *Rapporteur :* M. A. MICHEL-LÉVY.

PRIX FONTANNES (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Camille Arambourg**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses recherches paléontologiques en Abyssinie. *Rapporteur :* M. CH. JACOB.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, E. de Martonne, R. Souèges, J. Magrou.

PRIX MONTAGNE (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Langeron**, docteur en médecine, directeur de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour son *Précis de mycologie*. *Rapporteur :* M. L. BLARINGHEM.

PRIX DE COINCY (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Corsin**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude des Fougères anciennes du groupe des Inversicaténales*. *Rapporteur :* M. L. BLARINGHEM.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Edmond Doulat**, professeur à l'École française de papeterie de l'Université de Grenoble, pour son ouvrage intitulé : *Le noyau et l'élément chromosomique chez les Spermatophytes*. *Rapporteur :* M. R. SOUÈGES.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier, A. Chevalier.

PRIX NICOLAS ZVORIKINE (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean-Baptiste Antoine** et à son fils **Eugène**, propriétaires de la ferme du Champ-Godin, à Corcieux, Vosges, pour l'aménagement et l'exploitation qu'ils ont réalisés dans leur domaine. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

PRIX LAC (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Thieulin**, agrégé des Écoles nationales vétérinaires, pour l'ensemble de ses travaux sur le lait. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, E. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier.

FONDATION SAVIGNY (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **Henri Heldt**, fondateur de la Station zoologique de Salammbô, près Tunis, pour l'ensemble de ses recherches et spécialement pour son œuvre d'organisation de la Station. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX POUCHARD (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Lucien Berland**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux d'entomologie. *Rapporteur :* M. L. Fage.

ANTHROPOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ch. Pérez, L. Fage, R. Courrier.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Lester**, sous-directeur de Laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour sa *Contribution à l'anthropologie de l'Afrique orientale. Les Tourkana et les Kikouyou*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet, Ch. Laubry, H. Hartmann.

PRIX MONTYON. — Deux prix de 6.000fr sont décernés :

— à M. **Henri Bénard**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches sur la physio-pathologie du foie et de la rate. *Rapporteur :* M. L. Binet.

— à MM. **Raymond Garcin**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, et **Jean Guillaume**, neuro-chirurgien de l'Institut de neuro-biologie de la Salpêtrière et de l'Institut du Cancer, pour leur *Traitement des blessures et des lésions traumatiques cranio-cérébrales récentes*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BARBIER (5.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Jean Creyssel**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, et **Pierre Suire**, chirurgien de l'Hôpital de Niort, pour leur ouvrage intitulé : *Choc traumatique. Étude clinique, physio-pathologique et thérapeutique*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000fr est décerné à MM. **Jacques Genevray**, **Louis Souchard**, et **Jean Raynal**, directeurs des Instituts Pasteur de Hanoï, Dalat (Annam), et Shanghaï, **Jean Guillerm**, chef des services de chimie des Instituts Pasteur d'Indochine, **Jean Gallut**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Hanoï, pour leurs recherches sur le choléra en Indochine en 1937-1938. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX DUSGATE. — Le prix de 7.500fr est décerné à M. **Maurice Aubry**, laryngologiste de l'Hôpital Bichat, à Paris, pour son ouvrage intitulé : *Oto-neurologie*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BELLION (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Bayle**, ex-chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour sa contribution à l'étude de la stérilité chez l'Homme et son traitement. *Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

PRIX ARGUT (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Nguyen-van Thoai**, attaché au laboratoire de chimie médicale de la Faculté mixte de médecine générale et coloniale et de pharmacie, à Marseille, pour ses recherches sur les phosphatases. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET (10.000fr). — Le prix est partagé entre :

— M. **Pierre Cazal**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *Un nouvel aspect de la médecine tissulaire : Les réticulopathies et le système réticulo-histiocytaire*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

— M. **Charles Jaulmes**, docteur en médecine, médecin lieutenant-colonel de la Section d'études du Service de santé, pour ses recherches sur les exercices physiques et les rations alimentaires. *Rapporteur :* M. L. Binet.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, G. Roussy, J. Jolly, L. Binet.

PRIX EUGÈNE ET AMÉLIE DUPUIS (7.000fr). — Le prix est décerné à M. **Antoine-Camille Maclouf**, docteur en médecine, pour ses recherches sur la tuberculose. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Bernard Natali Halpern**, docteur en médecine, pour son travail sur les antihistaminiques de synthèse. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX FANNY EMDEN (5.600fr). — Le prix est décerné à M. **Daniel Bargeton**, assistant à la Faculté de médecine de Paris, pour ses études sur le travail musculaire. *Rapporteur :* M. L. Binet.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, Ch. Fabry, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, E. Cartan, L. de Broglie, P. Montel.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Fortet**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen, pour ses travaux sur le calcul des probabilités. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie; Em. Borel, H. Vincent, G. Bertrand, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE. — Deux prix de 3.000fr sont décernés :

— à M. **Henri Guérin**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Le problème de la réactivité des combustibles solides*. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

— à M. le Colonel **Charles Dévé**, directeur honoraire à l'Institut d'optique théorique et appliquée, pour son ouvrage sur *Le travail des verres d'optique de précision*. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à M. **Félix-Martial Taboury**, lauréat du prix Jecker.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT (**Grand prix des sciences physiques**). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, A. Guilliermond, Ch. Pérez, A. Chevalier.

Deux prix de 1.500fr sont décernés :

— à M. **Roger Buvat**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur la dédifférenciation des cellules végétales étudiée par la culture des tissus. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem.

— à M. **Pierre Nobécourt**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Grenoble, pour sa contribution à l'étude de l'immunité chez les végétaux. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX BORDIN (8.000fr). — Commissaires : MM. E. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à feu **Louis Cartan**, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, déporté et assassiné en Allemagne, pour ses travaux sur la spectrographie des masses et sur l'optique électronique. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

PRIX LALLEMAND (5.000fr). — Commissaires : A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **René Couteaux**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses *Recherches sur l'histogénèse des muscles striés des Mammifères et la formation des plaques motrices*. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX PETIT D'ORMOY (**Sciences mathématiques**) (50.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, É. Cartan. H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, J. Pérès.

Le prix est décerné à M. **Szolem Mandelbrojt**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX PARKIN (9.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery. L. Lapicque, M. Javillier, J. Jolly, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Robert Tiffeneau**, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches sur les aérosols pharmacodynamiques. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX SAINTOUR (5.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Fabry, Ch. Maurain É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Marcel Brelot**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour l'ensemble de ses travaux et particulièrement pour ses recherches sur les fonctions sous-harmoniques. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX JULES MAHYER (3.600fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Fage, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Pierre Joly**, chef de travaux à la Station zoologique de Roscoff, pour sa thèse sur le rythme ovarien chez les Dytiscides. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX LONCHAMPT (6.500fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier, A. Chevalier.

Le prix est décerné à M. **Philippe Lasseur**, professeur à la Faculté de pharmacie de Nancy, pour ses travaux sur la culture des bactéries en milieux définis et l'influence de certains métaux sur leur fonctionnement physiologique. *Rapporteur :* M. G. BERTRAND.

PRIX HENRY WILDE (5.600fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

Le prix est décerné à M. **Gaston Dupouy**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux sur les lentilles magnétiques appliquées au microscope électronique. *Rapporteur :* M. A. DE GRAMONT.

PRIX CHARLES DUPIN. — Commissaires : MM. Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

Deux prix de 6.000fr sont décernés :

— à M. **Paul Vincensini**, professeur à la Faculté des sciences de Besançon, pour ses travaux de haute géométrie. *Rapporteur :* M. É. CARTAN.

— à M. **Robert Silber**, attaché au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux d'aérodynamique appliquée. *Rapporteur :* M. H. VILLAT.

PRIX MARQUET (4.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Caullery, R. Fosse, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

Le prix est décerné à M. **Robert Soyer**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur la géologie du Bassin de Paris. *Rapporteur :* M. CH. JACOB.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (25.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

Le prix est décerné à M. **Roger Heim**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux de mycologie et phytopathologie tropicales. *Rapporteur :* M. A. LACROIX.

PRIX ALEXANDRE DARRACQ. — Commissaires : MM. A. Lacroix, M. Delépine, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, J. Pérès, L. Hackspill.

Un prix de 100.000fr est décerné à feu **Pierre Clerget**, ingénieur, constructeur de moteurs d'aviation. *Rapporteur :* M. A. CAQUOT.

Un prix de 15.000fr est décerné à M. **Bernard Cuny**, ingénieur en chef de l'Artillerie navale, pour ses travaux en optique et spécialement en télémétrie. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (16.500fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Antoine Lacassagne**, professeur au Collège de France, pour ses travaux de radiophysiologie expérimentale. *Rapporteur :* M. J. JOLLY.

PRIX MARIE-GUIDO TRIOSSI (60.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, M. Delépine, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, M. Tiffeneau, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Émile Jeanbrau**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux sur les transfusions sanguines. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Le prix est décerné à M. **Bernard Gregory**, né à Bergerac (Dordogne), le 19 janvier 1919, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT. — Un prix de 750fr est décerné à M. **Bernard Gregory**, entré premier à l'École des mines ;

— un prix de 500fr est décerné à M. **René Fort**, entré second à l'École des mines;

— un prix de 750fr est décerné à M. **Marcel Huet**, entré premier à l'École des ponts et chaussées;

— un prix de 500fr est décerné à M. **Pierre Lecomte**, entré second à l'École des ponts et chaussées.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT (3.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

Un prix est décerné à M. le Colonel **Nicolas-T. Belaïew**, métallographe, pour ses recherches sur la cristallisation des métaux. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION GEGNER (4.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Un prix est décerné à M. **Gérard Petiau**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de mécanique ondulatoire. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATION HIRN (3.600fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Un prix est décerné à M. **Paul Rougerie**, assistant à l'Institut de physique du globe de l'Université de Paris, pour ses travaux sur le magnétisme terrestre et les courants telluriques. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION AIMÉ BERTHÉ (5.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, L. Guillet, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

Un prix est décerné à M. **Jean Cuvillier**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris, pour encourager ses travaux de paléontologie micrographique dans le Bassin d'Aquitaine. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

FONDATION HENRI BECQUEREL (6.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Un prix est décerné à M. **Robert Warnecke**, chef de laboratoire à la Compagnie Générale de Télégraphie sans fil, pour ses travaux sur les lampes à modulation de vitesse. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATION LOUTREUIL. — Commissaires : MM. M. Caullery; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 50.000fr au **Bureau des Longitudes**, pour la contribution qui lui est demandée à l'établissement des éphémérides précédemment calculées en Allemagne;

— 3.000fr à M. **François Maignon**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour la poursuite de ses travaux sur l'explication fermentaire de l'anaphylaxie et son application à une nouvelle méthode générale de traitement des maladies microbiennes, notamment de la tuberculose;

— 6.000fr à M. **Claude Charmetant**, chef de travaux à la Faculté catholique des sciences de Lyon, pour l'achat d'un transformateur et d'un redresseur à lampes destiné à ses recherches sur l'électrolyse des halogénures de métaux lourds en milieu alcoolique;

— 15.000fr à la **Fédération française des Sociétés de sciences naturelles**, pour la publication d'un mémoire de M. Hoffmann sur les Bruchidæ et d'un autre de M. Séguy sur les Insectes parasites;

— 5.000fr à M. **Charles Sannié**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat de 10 années de *Biochemical Journal* pour la Bibliothèque du Laboratoire de chimie;

— 5.000fr à M. **Paul Vayssière**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat de volumes manquant à la collection d'*Annals of Applied Biology* du Laboratoire d'entomologie coloniale agricole.

— 12.000fr à l'**École Polytechnique**, pour sa Bibliothèque;

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDATION Mme VICTOR NOURY. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Cinq prix de 4.000fr sont décernés :

— à M. **Frédéric-Charles Cailliatte**, astronome à l'Observatoire de Nice;

— à M. **Tcheng Mao-Lin**, attaché à l'Observatoire de Lyon, pour leurs travaux d'astronomie. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

— à M. **Jules Caron**, ingénieur météorologiste principal colonial, pour ses travaux sur la météorologie et la physique du globe au Togo. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

— à M. **Robert Lemesle**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses recherches de cytologie et histologie végétales. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

— à M. **Xavier Waché**, chef du Service des recherches aux aciéries d'Imphy, pour ses travaux sur la chimie des alliages et l'étude de leurs propriétés. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDS DES LABORATOIRES. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Une subvention de 20.000fr est attribuée à M. **Clément Courty**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen, pour ses travaux sur les mesures magnéto-chimiques de quelques substances minérales, organiques et biologiques. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

FONDATION MILLET RONSSIN (10.000fr). — Commissaires MM. A. Lacroix, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, P.-A. Dangeard, Ch. Pérez, É. Roubaud, R. Souèges.

Un prix est décerné à M. **André Guillaumin**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur la flore de la Nouvelle-Calédonie. *Rapporteur :* M. R. Souèges.

FONDATION VILLEMOT (125.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie; A. Caquot, J. Chazy, G. Durand-Viel, P. Langevin, G. Bertrand, A. Michel-Lévy, J. Magrou, E. Schribaux, Ch. Laubry, J. Jolly, P. Bouin, J. Charpy.

Les arrérages de la fondation sont attribués à l'**Observatoire d'Abbadia**, pour contribuer à sa remise en état. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Deux allocations de 10.000fr sont attribuées :

— à M. **Pierre Guimard**, étudiant de 2e année à la Faculté de médecine de Paris. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

— à M. **Jean Lespargot**, étudiant de 3e année à la Faculté de médecine de Paris. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX D'AUMALE. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Un prix de 5.000fr est décerné à Mme **Jacques Solomon**, née **Hélène Langevin**, en mémoire de son mari, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, fusillé par les Allemands, et auteur de travaux sur la physique du noyau. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

LECTURE.

M. L. de Broglie, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La réalité des molécules et l'œuvre de Jean Perrin.*

CORRESPONDANCE.

Mmes Jacques Solomon, Jacques Tonnelat; MM. Jean-Baptiste et Eugène Antoine, Camille Arambourg, Maurice Aubry, Henri Bénard, Lucien Berland, Léonce Bert, Henry Berthomieu, Marcel Brelot, Frédéric-Charles Cailliatte, Édouard Calvet, Fernand Carbenay, Jules Caron, Pierre Cazal, Fernand Charron, Charles Chartier, Aimé Coutagne, Jean Creyssel, Jean Cuvillier, Charles Dévé, Edmond Doulat, Gaston Dupouy, Robert Fortet, Jean Gallut, Raymond Garcin, Henri Guérin, André Guillaumin, André Haudricourt, Roger Heim, Henri Hérissey, Charles Jaulmes, Émile Jeanbrau, Pierre Joly, Marc Jouguet, Antoine Lacassagne, Maurice Langeron, Pierre Lecomte, Robert Lemesle, Paul Lester, André Lichnerowicz, Szolem Mandelbrojt, Henri Moureu, Nguyen van Thoai, Ouang Te Tchao, Gérard Petiau, Paul Rougerie, Robert Silber, Roger Soyer, Félix Taboury, Tcheng Mao Lin, Gustave Thieulin, Paul Vincensini, Xavier Waché, Raymond Waeselinck adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mmes Vves Georges Bruhat, Louis Cartan adressent des remercîments pour les distinctions accordées aux travaux de leurs maris.

MM. André Boullé, Claude Charmetant, Clément Courty, le Général commandant l'École polytechnique, François Maignon, Henri Normant, Charles Sannié, le Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

A. Lx., L. B.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-ET-UNIÈME.



GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
121745-45 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1945.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 221.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

M

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

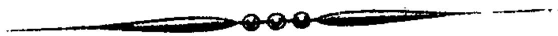
U

V

W

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
128570-48 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.